



T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



PAMUKTAŞ (BAYBURT) PLÜTONUNUN PETROGRAFİK ve
PETROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ekrem SARI

ŞUBAT 2021
GÜMÜŞHANE

**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**PAMUKTAŞ (BAYBURT) PLÜTONUNUN PETROGRAFİK ve
PETROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ekrem SARI

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10.02.2021
Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 11.03.2021**

ŞUBAT 2021



KABUL ve ONAY



Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER danışmanlığında **Ekrem SARI** tarafından hazırlanan **“PAMUKTAŞ (BAYBURT) PLÜTONUNUN PETROGRAFİK ve PETROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ”** isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Zafer ASLAN

Üye : Doç. Dr. Emre AYDINÇAKIR

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER

ONAY

Bu tez/...../..... tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet MERDAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (GÜBAP) Koordinatörlüğü’nce desteklenmiştir. Proje No: 20.E3102.07.01

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum **“Pamuktaş (Bayburt) Plütonunun Petrografik ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi”** isimli tez çalışmasında; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

19/02/2021

Ekrem SARI

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**PAMUKTAŞ (BAYBURT) PLÜTONUNUN PETROGRAFİK VE
PETROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Ekrem SARI

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER

2021, 63 sayfa

Doğu Pontidler (KD Türkiye), Anadolu Levhasının jeolojik olarak şekillenmesinde önemli bir rol oynayan Alp-Himalaya orojenezinin etkisi ile oluşmuş olup farklı türde magmatik kayaları içermesi bakımından önemli bir alan konumundadır. Özellikle Karbonifer yaşlı plütonlar, doğu Pontidlerin güney kesiminde, geniş mostralalar halinde ve daha yaygın olarak gözlenmektedir. Bu çalışma, Bayburt'un (KD Türkiye) Pamuktaş köyü ve çevresinde yer alan granitik kayaçlar üzerinde yeni petrografik ve tüm kayaç jeokimyası verileri sunmaktadır. Ayrıca, bu granitik kayaçların oluşumunda hâkim olan kaynak bölge, petrolojik süreçler ve jeodinamik ortam tartışılmaktadır. Yaklaşık 5 km²'lik bir alanı kapsayan Karbonifer yaşlı Pamuktaş plütonu, çalışma alanında Jura öncesi temeli temsil etmekte ve uyumsuz olarak Erken-Orta Jura volkanoklastik ve volkanik kayaçlar ile

Geç Jura-Erken Kretase kireçtaşları tarafından örtülmektedir. Pamuktaş plütunu esas olarak granit/granit porfir ve aplit (mikrogranit), daha az oranda ise granodiyorit ve kuvars mikrodiorit türü kayalardan meydana gelmektedir. Granitik kayalar, özşekli ve özşekilsiz granüler/mikrogranüler dokuya sahip olup başlıca alkali feldispat (ortoklas), plajiyoklas, kuvars, biyotit ve amfibol (hornblend) minerallerinden oluşur. Bazı örneklerde daha büyük fenokristaller porfirik doku oluşturur. Zirkon doygunluk sıcaklıkları 693-844°C arasında, apatit doygunluk sıcaklıkları ise 673-999°C arasında hesaplanmıştır. Granitik kayalar yüksek SiO₂ içeriklerine (%65.62-75.09) ve yüksek K'lu kalk-alkaliden şoşonitçe kadar uzanan bir afiniteye sahip olup I-tipi bir kaynaktan itibaren türemiştir. Kayalar peralümin karakterli olup çarpışma sonrası volkanik yay granitoidleri ile benzerlik göstermektedir. Ana ve iz element trendleri, kayaların oluşumunda plajiyoklas, hornblend, apatit ve Fe-Ti oksit mineral fraksiyonlaşmasının önemli rol oynadığını göstermektedir. Pamuktaş plütununun petrolojik özelliklerine göre, granitlerin gelişiminde fraksiyonel kristallenme, magma karışımı ve daha az oranda asimilasyon ve kısmi ergime işlemlerinin rol oynadığı ortaya konmuştur. Elde edilen tüm veriler Karbonifer yaşlı Pamuktaş plütununun ana magmasının orta-alt kıtasal kabuk ve zenginleşmiş litosferik manto ergiyiklerinden kısmi ergime sonucu türediğini ve kıtasal magma odasında farklılaşarak yerleştiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Pamuktaş (Bayburt), Granitoid, Doğu Pontidler, Hersiniyen Temel, Jeokimya, Petroloji, Magmatizma

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF PETROGRAPHICAL AND PETROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE PAMUKTAŞ (BAYBURT) PLUTON

Ekrem SARI

Gümüşhane University

The Graduate School of Natural and Applied Science

Department of Geological Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mehmet Ali GÜCER

2021, 63 pages

The Eastern Pontides (NE Turkey) that formed during the Alpine-Himalayan orogeny in which geologically plays an important role in the formation of Anatolian Plate, is a significant area in term of containing different igneous rocks. Especially Carboniferous aged plutons are observed in the southern part of the eastern Pontides in larger outcrops and more commonly. This study presents new petrography and whole-rock geochemistry on granitic rocks in the Pamuktaş area of Bayburt (NE Turkey). In addition, the source region of the magma, petrological processes and geodynamic setting prevailing in the formation of these granitic rocks are discussed. The Carboniferous aged Pamuktaş pluton, which includes an area of approximately 5 km², represents the pre-Jurassic basement in the study area and is unconformably overlain by Early-Middle Jurassic volcanoclastic and

volcanic rocks and Late Jurassic-Early Cretaceous limestones. Pamuktaş pluton mainly consists of granite/granite porphyry and aplite (microgranite), to a lesser extent granodiorite and quartz microdiorite rocks. Granitic rocks mainly consist of alkali feldspar (orthoclase), plagioclase feldspar, quartz, biotite, and amphibole (hornblende) minerals, as having euhedral and anhedral granular/microgranular textures. In some samples, larger phenocrysts form porphyritic texture. Zircon and apatite saturation temperatures were calculated between 693-844°C and 673-999°C, respectively. Granitic rocks have high SiO₂ contents (65.62-75.09 wt.%) and a high K calc-alkali to shoshonitic affinities, and have been derived from an I-type source. The rocks are peralumine in character and are similar to post-collisional volcanic arc granitoids. Major and trace element trends show that the plagioclase, hornblende, apatite and Fe-Ti oxide mineral fractionations play an important role in the formation of rocks. According to the petrological properties of Pamuktaş pluton, it has been revealed that the fractional crystallization, magma mixing, and less assimilation and partial melting processes play a role in the development of granites. All obtained data suggest that the parental magma of the Carboniferous aged Pamuktaş pluton has evolved from the mixing of lithospheric mantle and middle-lower crust-derived melts as a result of partial melting and differentiated and emplaced in the continental magma chamber.

Keywords: Pamuktaş (Bayburt), Granitoid, Eastern Pontides, Hercynian Basement, Geochemistry, Petrology, Magmatism

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmaya, 20.E3102.07.01 proje numarası ile maddi destek sağlayan Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (GÜBAP) Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Tez konusunu öneren ve çalışmaya başladığım günden bugüne kadar desteğini esirgemeyen ve tezin tamamlanmasında çok büyük emeği olan danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER'e içtenlikle teşekkür ederim.

Petrografik kesitleri hazırlayan Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvar teknikeri Sayın Ferdi DAYANÇ'ın tezdeki katkısı büyüktür. Kendisine teşekkür ederim. Bugünlere gelmemde çok büyük emekleri olan ve desteklerini her zaman arkamda hissettiğim Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü hocalarıma minnettarım. Hepsine ayrı ayrı şükranlarımı sunarım. Ayrıca, tez savunmasının değerli jüri üyeleri Prof. Dr. Zafer ASLAN ve Doç. Dr. Emre AYDINÇAKIR hocalarıma da emeklerinden ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bana her zaman ileriye gösteren, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen ve bugünlere gelmeme vesile olan aileme, tez çalışmaları süresince gösterdiği sabır ve destekten dolayı sevgili eşime ve yaşama sevincim olan kızlarıma candan teşekkür ederim.

Ekrem SARI
Gümüşhane, 2021

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ	XIV
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Konum, Yerleşim ve Ulaşım	2
1.3. Jeomorfoloji ve İklim Karakteristikleri	3
1.4. Çalışmanın Amacı	3
1.5. Bölgenin Genel Jeolojisi	4
1.5.1. Gümüşhane-Bayburt Paleozoyik Plütonları	8
1.6. Önceki Çalışmalar	10
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	15
2.1. Giriş	15
2.2. Arazi Çalışmaları	15
2.3. Laboratuvar Çalışmaları	15
2.3.1. Mikroskobik Tayinler	15
2.3.2. Jeokimyasal Analizler	16
2.4. Büro Çalışmaları	17
3. BULGULAR	19
3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi	19
3.1.1. Pamuktaş Plütonu	20
3.1.2. Şenköy Formasyonu	22
3.1.3. Hozbirikyayla Formasyonu	23
3.1.4. Çatıksu Formasyonu	24
3.1.5. Sırataşlar Formasyonu	25
3.1.6. Yazyurdu Formasyonu	25
3.1.7. Alüvyon	25

3.2.	Pamuktaş Plütonunun Petrografisi	26
3.2.1.	Granit / Aplit (Mikrogranit)	26
3.2.2.	Granodiyorit	28
3.2.3.	Kuvarslı Mikrodiyorit	29
3.3.	Tüm Kayaç Jeokimyası	31
3.4.	Zirkon ve Apatit Jeotermometresi	38
4.	TARTIŞMA	40
4.1.	Kısmi Ergime	40
4.2.	Fraksiyonel Kristallenme ve Asimilasyon (FC-AFC) Süreçleri	41
4.3.	Magma Karışımı	43
4.4.	Ana Magmanın Kökeni	45
4.5.	Tektonik Konum	48
5.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	51
6.	KAYNAKLAR	53
	ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Çalışma alanının yerbuldurusu.	2
Şekil 1.2.	Türkiye'nin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz, 1999) ve çalışma alanının bu birlikler içerisindeki konumu.	5
Şekil 1.3.	(a) Türkiye'nin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz, 1999) ve çalışma alanının konumu. (b) Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'ndaki ana plütonik kayaların dağılımı (Gedik vd., 1992; Güven, 1993) ve Paleozoyik plütonlardan elde edilen yaş verileri.	6
Şekil 2.1.	(a) Petrografik kesit yapımında kullanılan PetroThin marka cihazın görünümü. (b) Alınan kayaç numunelerinden yapılan petrografik incelemeler.	16
Şekil 3.1.	Pamuktaş (Bayburt, KD Türkiye) ve civarının jeoloji haritası.	19
Şekil 3.2.	Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti	20
Şekil 3.3.	a-b) Pamuktaş Köyü güneyinde gözlenen granitler. c) İri kristalli granit ve d) granodiyorit. e) İnce taneli aplitik granit. f) Granitlerde gözlenen arenalaşmalar.	21
Şekil 3.4.	Pamuktaş Köyü güney kesimlerinde Şenköy formasyonunun alt ve üst birimlerle olan sınır ilişkisi (yer: Kumlu Tepe güney kesimleri).	22
Şekil 3.5.	a) Hozbirikyayla formasyonunun Şenköy formasyonu ile olan dokanağı (Bayramçayırı Tepe). b) Aynı alanda formasyona ait masif kireçtaşı bloklarının görünümü.	24
Şekil 3.6.	Granitlerin mikroskopik görünümleri. a) Kuvars, ortoklas ve biyotit mineralleri (tek nikol). b-c) Aynı örneğe ait çift nikol görünümleri ve kuvars, plajiyoklas, ortoklas ve biyotit mineralleri. d-e) Yoğun olarak deforme olmuş granitte gelişmiş ikincil kil dolgular. f) Kuvars, plajiyoklas ve ortoklas mineralleri. g) İri kristalli granitlerde pertit ve kuvars mineralleri. h) İnce taneli granitik kayalarda gözlenen plajiyoklas fenokristalleri. i) İnce taneli aplitik granitin görünümü. Qz: Kuvars, Or: Ortoklas, Pl: Plajiyoklas, Bt: Biyotit (a görüntüsü tek nikol, diğer görüntüler ise çapraz nikolde alınmıştır).	28
Şekil 3.7.	Granodiyoritlerin mikroskopik görünümleri. a) Yeşilimsi renkli hornblend minerallerinin tek nikoldeki görünümü. b) Yarı özşekilli ve özşekilli hornblend mineralleri ile kuvars ve plajiyoklas minerallerinin görünümü. c-d) İri kristalli plajiyoklas ve ortoklas mineralleri ile nispeten küçük kristalli gelişmiş kuvars mineralleri ve altere hornblend. Qz: Kuvars, Or: Ortoklas, Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend (a görüntüsü tek nikol, diğer görüntüler ise çapraz nikolde alınmıştır).	30
Şekil 3.8.	Kuvarslı mikrodiorit örneğinin mikroskopik görünümü (Pl: Plajiyoklas, Qz: Kuvars, Or: Ortoklas, görüntü çapraz nikolde alınmıştır).	31

Şekil 3.9. Pamuktaş plütönüne ait örneklerin a) Toplam Alkali Silis (TAS) sınıflama (Middlemost, 1994), b) Normatif An-Ab-Or sınıflama (Barker, 1979), c) K ₂ O (%ağ.) - SiO ₂ (%ağ.) (Peccherillo ve Taylor, 1976) ve d) Th (ppm) - Co (ppm) (Hastie vd., 2007) diyagramları. Doğu Pontidler'deki Karbonifer yaşlı plüton alanları Kaygusuz (2020)'den alınmıştır.	34
Şekil 3.10. Granitlerin AFM (Na ₂ O+K ₂ O, Fe ₂ O ₃ T, MgO) diyagramı. Toleyitik-kalk-alkalin ayırım eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'e göre.	35
Şekil 3.11. a) Örneklerin A ve I&S tipi ayırtman diyagramı (Whalen vd., 1987). b) Molar A/CNK[Al ₂ O ₃ /(CaO+Na ₂ O+K ₂ O)]'ya karşı A/NK [(Al ₂ O ₃)/(Na ₂ O+K ₂ O)] (Shand, 1943).	35
Şekil 3.12. Pamuktaş plütönü kayaçlarının SiO ₂ (%)'e karşı ana oksit (%) ve iz element (ppm) değişim diyagramları.	37
Şekil 3.13. Örneklerin a) ilksel mantoya (Sun ve McDonough, 1989) ve b) Kondrite (Boynton, 1984) göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramları.....	38
Şekil 4.1. Pamuktaş plütönü kayaçlarının a) Rb/Sr-Rb/Ba ve b) Ce/Y-Zr/Nb diyagramları.....	40
Şekil 4.2. Örneklerin mineral fraksiyonlaşma yönünü gösteren diyagramlar. a) Ba (ppm)'a karşı Sr (ppm) ve b) Rb (ppm)'a karşı Sr (ppm) diyagramları.	42
Şekil 4.3 Pamuktaş plütönü örneklerinin Th/Yb-Ta/Yb diyagramı (Pearce, 1983). FC (fraksiyonel kristallenme), AFC (asimilasyon+fraksiyonel kristallenme), yitim zenginleşmesi ve manto metazomatizması yönsemeleri Pearce vd. (1990)'den alınmıştır.....	43
Şekil 4.4. Pamuktaş plütönünde gözlenen ve magma karışımını işaret eden dokusal özellikler. a) iri kristaller üzerinde daha küçük kristallerin oluşturdukları poikilitik doku, b) iri kristalli ve zonlu plajiyoklas minerali ve poikilitik doku, c) iri kristalli mineraller arasında gelişmiş küçük kristalli mineraller, d) iri kristalli ortoklas minerallerinde gelişmiş pertitik doku (eksolüsyon). Pl: Plajiyoklas, Qz: Kuvars, Or: Ortoklas, Hbl: Hornblend, Bt: Biyotit. Tüm görüntüler çapraz nikolde alınmıştır.	44
Şekil 4.5. Pamuktaş plütönüne ait örneklerin; a) Ti/Zr - Rb/Sr ve b) Ti/Zr - Sr/Zr değişim diyagramları.	45
Şekil 4.6. Pamuktaş plütönü örneklerinin a) Rb/Y-Nb/Y ve b) Nb-Y-Ga*3 (Eby, 1992) diyagramları.....	46
Şekil 4.7. Pamuktaş plütönü örneklerinin bazı ana oksit oranlarına göre kökensel ayırım diyagramları. MGW: metagrovak, FP: felsik pelit, AMP: amfibolit. Veri kaynak alanları Patiño Douce (1999)'dan alınmıştır.	47
Şekil 4.8. Nb/La'a karşı La/Yb diyagramı (ortalama OIB değerleri Fitton vd. (1991)'den, ortalama alt kabuk değerleri Chen ve Arculus (1995)'den, HIMU+OIB alanları Weaver vd., (1987)'den, astenosferik, litosferik ve karışım manto alanlarını ayıran çizgi Smith vd., (1999)'dan alınmıştır.	47
Şekil 4.9. Pamuktaş plütönü örneklerinin a) Th/U'ya karşı Th (ppm) ve b) Th/U'ya karşı U (ppm) diyagramları. Alt ve orta kıtasal kabuk değerleri Rudnick ve Gao (2004)'den alınmıştır.	48

- Şekil 4.10. a) Rb (ppm)-Y+Nb (ppm) (Pearce vd., 1984), b) Zr (ppm) - NbN/ZrN (Thiéblemont ve Tégyey, 1994), c) Rb/30-Hf-Ta*3 (Harris vd., 1986) ve d) Th/Hf-Ta/Hf (Schandl ve Gorton, 2002) diyagramları. syn-COLG: çarpışma ile eş yaşlı granitler, post-COLG: çarpışma sonrası granitleri, VAG: volkanik yay granitleri, WPG: levha-içi granitleri, ORG: okyanus sırtı granitleri. Nb/Zr oranları Hofmann (1988)'in ilksel manto değerine (Nb: 0.6175, Zr: 9.714) göre normalize edilmiştir. 49
- Şekil 4.11. Pamuktaş plütону kayaçlarının a) TTG/adakit ve volkanik yay serisi ayırtman diyagramı (Martin, 1986), b) La/Yb'e karşı Th/Yb diyagramı (Batchelor ve Bowden, 1985). TTG: Tonalit-trondhjemit-granodiyorit..... 50

TABLÖLER DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 2.1. Tüm-kayaç ICP-ES ve ICP-MS analiz yöntemlerinde ana oksit (%), iz element (ppm, ppb) ve nadir toprak element (ppm) alt ve üst tayin sınırları.	18
Tablo 3.1. Pamuktaş plütonuna ait granit örneklerinin ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) içerikleri.....	33
Tablo 3.2. Pamuktaş plütonu örneklerinin tüm kayaç zirkon ve apatit jeotermometresi.	39

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Qz	:Kuvars
A.K.	:Ateşte kayıp
AFC	:Asimilasyon ve Fraksiyonel kristallenme
AMP	:Amfibolit
BİYE	:Büyük İyon Yarıçaplı Elementler
Bt	:Biyotit
FB	:Felsik pelit
FC	:Fraksiyonel Kristallenme
Hbl	:Hornblend
HIMU	:Yüksek μ manto (high μ mantle)
ICP-ES	:İndüktif Eşleşmiş Plazma-Emisyon Spektrometresi
ICP-MS	:İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi
M	:Katyonik oran $[100x(\text{Na}+\text{K}+2\text{Ca})/(\text{Al}.\text{Si})]$.
MA	:Metaandezit
MB	:Metabazalt
MGW	:Metagrovak
MP	:Metapelit
N-MORB	:Normal Okyanus Ortası Bazaltı (normal mid-ocean ridge basalts)
NTE	:Nadir Toprak Elementler
OIB	:Okyanus Adası Bazaltı (Ocean Island Basalts)
OOSB	:Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
Or	:Ortoklas
ORG	:Okyanus sırtı granitleri
Pl	:Plajiyoklas
post-COLG	:Çarpışma sonrası granitleri
syn-COLG	:Çarpışma ile eş yaşlı granitler
TTG	:Tonalit-trondhjemit-granodiyorit
VAG	:Volkanik yay granitleri
WPG	:Levha-içi granitleri
YÇAE	:Yüksek Çekim Alanlı Elementler

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Yerkürede kıtasal kabuk boyunca geniş bir dağılım sergileyen intrüzif kayaçlar bir bölgenin tektonomagmatik gelişiminin anlaşılmasında oldukça önemli ipuçları sağlamaktadır. Teknolojik gelişmelere paralel olarak, özellikle son yıllarda intrüzif kayaçların petrolojik özelliklerinin aydınlatılmasına yönelik yeni yöntemlerin gelişmesi, bu kayaçların oluşum ortamları ve mekanizmalarına ilişkin yeni modellerin ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır.

Çalışma alanının da içerisinde yer aldığı Doğu Pontid Orojenik Kuşağı (KD Türkiye), Türkiye'nin jeolojik olarak şekillenmesinde önemli bir rol oynayan Alp-Himalaya orojenezinin etkisi ile oluşmuş olup farklı türde magmatik kayaçları içermesi bakımından önemli bir alan konumundadır. Karadeniz havzasının güneydoğu kıyısı boyunca yaklaşık 500 km uzunluğunda ve 100 km genişliğinde bir orojenik kuşağı meydana getiren bu bölge, Geç Mesozoyik sırasında kuzeye yiten okyanusal litosfer üzerinde gelişmiş ve iyi korunmuş bir ada yayı olarak bilinmektedir (ör., Akın, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Akıncı, 1984). Sakarya Zonunun doğu kısmını oluşturan Doğu Pontid Orojenik Kuşağında yüzeyleme veren Jura öncesi temel birimler dört farklı tipte temsil edilmektedir (Okay ve Şahintürk, 1997). Bunlar: (i) Karbonifer öncesi yüksek dereceli metamorfik kayaçlar, (ii) Erken Karbonifer yaşlı magmatik kayaçlar, (iii) Permo-Karbonifer yaşlı sığ denizel-karasal sedimanlar ve (iv) Permo-Triyas yaşlı metabazit-fillit-mermer.

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı Üst Kretase dönemde göstermiş olduğu farklılıklardan dolayı volkanik kayaçların daha yaygın gözleendiği kuzey zon ve sedimanter kayaçların hakim olduğu güney zon olmak üzere iki farklı zona ayrılmış ve tanımlanmıştır (Güven, 1993). Doğu Pontidlerde Jura öncesi intrüzif kayaçlar genellikle Paleozoyik ile Senozoik arasında gelişmiş olmakla birlikte, değişen yaş, büyüklük ve kompozisyona sahiptir. Özellikle Karbonifer yaşlı plütonlar daha büyük intrüzif kütleler halinde ve daha çok güney kesimde gözlenirken, daha küçük plütonlar halinde ve daha az oranda Doğu Pontidlerin kuzey kesiminde yüzeyleme vermektedir. Güney zonda yer alan Gümüşhane, Köse ve Akşar granitoyitleri başta olmak üzere Permo-Karbonifer'den Eosen sonrasına kadar farklı bileşim, büyüklük ve yaş aralığında gelişmiş birçok intrüzif kütle yer almaktadır.

Ancak bu intrüzif kütlelerden genel jeolojik çalışmalar dışında petrokimyasal, petrolojik ve jeokronolojik çalışmalar yapılmamış olanlar da bulunmaktadır. Bunlardan biri olan ve Akşar Granitoyidi'nin kuzey kesimini oluşturan Pamuktaş Plütonu (Bayburt, NE Türkiye) çalışma konusu olarak seçilmiş ve bu çalışma kapsamında petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özellikleri irdelenmiştir.

1.2. Konum, Yerleşim ve Ulaşım

İnceleme alanı Doğu Karadeniz Bölgesi, Bayburt il sınırları içerisinde (Şekil 1.1), Akşar beldesi kuzeyinde bulunan Pamuktaş köyü ve civarında yer almakta, Trabzon H-43-b2 pafta sınırları içerisinde bulunmaktadır. Trabzon-Erzurum E97 karayolu üzerinde yer alan inceleme sahası Akşar beldesine 10 km, Gümüşhane'ye 58 km ve Bayburt il merkezine 32 km uzaklıktadır. Çalışma alanına ulaşım Trabzon-Erzurum karayolu üzerinde yer alan Akşar Beldesi asfalt yolu ile sağlanmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbuldurusu

1.3. Jeomorfoloji ve İklim Karakteristikleri

Bayburt ili iklim karakteri, Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu iklim özellikleri arasında bir geçiş özelliğine sahip olduğundan yaz ayları genellikle sıcak ve kurak, kış ayları ise çoğunlukla soğuk ve yağışlı geçmektedir. Bölge, sürekli kuzey rüzgârlarının etkisi altında olmakla birlikte, yıllık ortalama yağış yaklaşık 438 mm civarındadır. İl genelinde ölçülen en yüksek sıcaklık 36°, en düşük ise -26°'dir. Çalışma alanının da içerisinde yer aldığı Bayburt topraklarının sadece %3'lük bir kısmı ormanlarla kaplıdır. Arazinin geniş bir bölümü hayvancılığa elverişli mera alanları ile kaplıdır (URL-1). Yöre bitki örtüsü bakımından çok fakirdir. Sadece Ermeni Deresi, Balkaynak Deresi ve Unesler Düzü, ayrıca yalnızca kış ve bahar mevsimlerinde akan küçük dereler boyunca kavak ağaçları bulunmaktadır.

Çalışma alanının en önemli yükseltilerini kuzeydoğuda Ziyaret Tepe (2256 m), doğuda Büyükpamuktaş Tepe (2145 m), güneydoğuda Kop Tepe (2084 m) ve kuzeybatıda Kalenintaş Tepe (2056 m) oluşturmaktadır. Çok miktarda dere ve kuru dere bulunmakla birlikte bunlardan en önemlilerini Pamuktaş ve Balkaynak dereleri oluşturmaktadır.

Yerleşim genelde toplu olup, inceleme alanının en büyük yerleşim merkezini Akşar Beldesi ve Pamuktaş Köyü oluşturmaktadır. Mevsimlere göre nüfus değişmektedir. Özellikle kış mevsiminde köylerden şehre göç artmaktadır. Tarıma elverişli alanlar genelde mevcut olup, dereler boyunca ve alüvyon düzlüklerde yayılım gösterir. Halkın esas geçim kaynağı hayvancılık olmakla birlikte tarımda önemli kaynak olarak görülebilir.

Yöre bitki örtüsü bakımından zengin olmayıp, bitki toplulukları daha çok akarsu vadileri boyunca gözlenirler. Yüksek kesimlerde ise çam, meşe ve ardıç ağaçları görülmektedir. Topografinin tarımcılığa elverişsiz olması ve iklimin sert olması nedeniyle yöre halkı daha çok hayvancılıkla geçimini sağlamaktadır. Ekili araziler ancak yöre halkının kendi geçimlerini karşılayacak kadardır ve meraya kalan alanlar hayvancılık için otluklar olarak kullanılmaktadır. Yüksek kesimlerde çam ve meşe türü ağaçlar gözlenirken, akarsu kenarlarında ise söğüt ve kavak ağaçları gözlenmektedir.

1.4. Çalışmanın Amacı

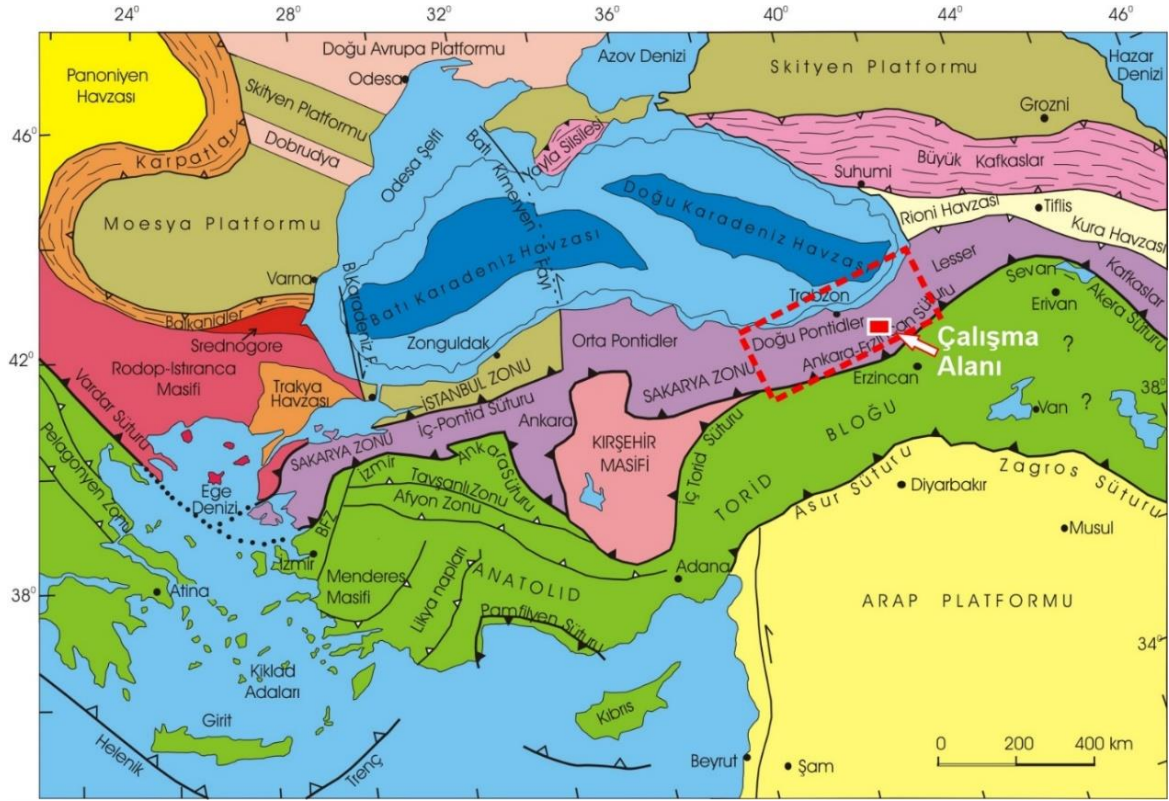
Bu çalışma, Pamuktaş (Bayburt, KD Türkiye) ve civarında yüzeyleme veren granitik kayalarda güncel olarak uygulanan petrolojik yöntemleri kullanarak, Doğu Pontidler'in

temel birimlerinin kökeni ve tektonomagmatik gelişimi üzerine elde edilmiş mevcut verilere katkı koymayı amaçlamaktadır. Buna ilaveten, bölgede bulunan diğer temel birimleri ile petrokimyasal özelliklerinin korelasyonunun yapılması da bu çalışmanın diğer bir amacını oluşturmaktadır. Pamuktaş plütonlarının petrokimyasal özellikleri bilinmemekte, bu nedenle diğer Paleozoyik plütonlar ile benzer ve/veya farklılıkları tam olarak ortaya konamamaktadır. Dolayısıyla, çalışılan plütonun bölge kayaçları açısından önemli veriler sağladığı düşünülmektedir.

1.5. Bölgenin Genel Jeolojisi

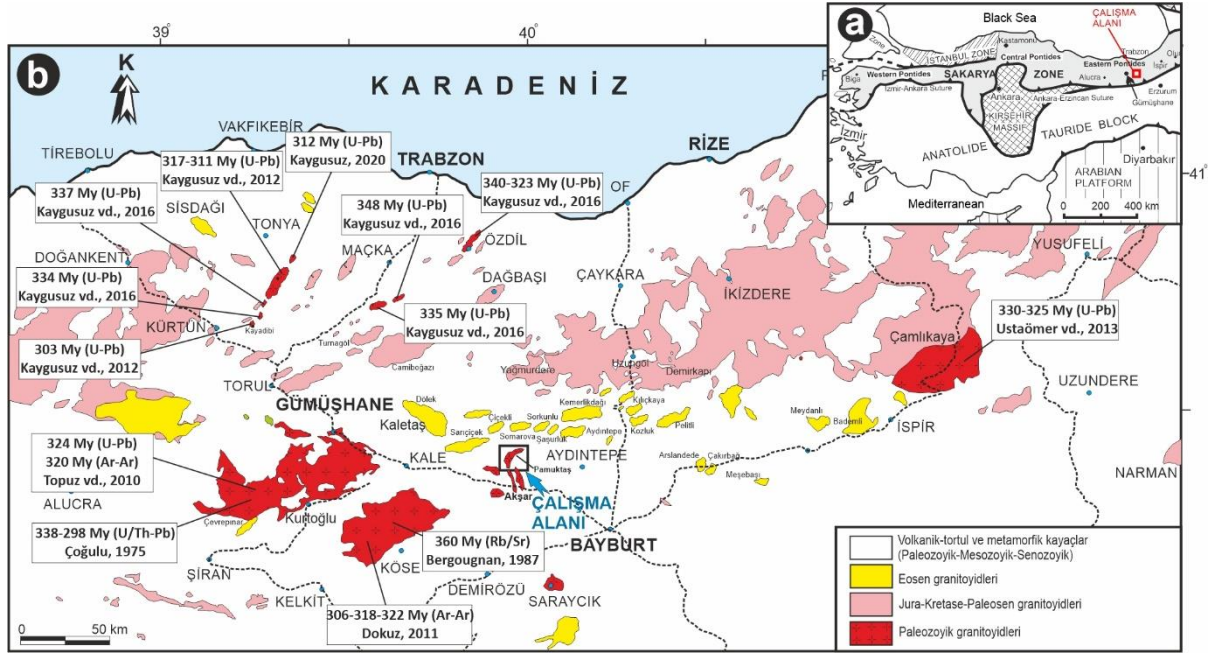
Alpin orojenik kuşağı içerisinde bulunması nedeniyle Alpin tektonik birliklerini ve bununla birlikte daha yaşlı Pan-Afrikan, Variskan ve Kimmeriyen gibi orojenik dönemleri temsil eden birimleri de içeren Türkiye, farklı birçok tektono-stratigrafik birliğin bir araya gelmesi sonucu oluşmuştur. Anadolu plakası jeolojik olarak Tetis paleo okyanusların (Paleo-Tetis ve Neo-Tetis) değişik kollarının farklı zaman dilimlerinde açılıp kapanması ve buna paralel oluşan aktif/pasif kıta kenarı çökelleri ile yay ve sütur karmaşıklarından meydana gelen kıta parçalarının Tersiyer’de bir araya gelmesi ile şekillenmiştir (Okay, 2008; Göncüoğlu, 2010). Aynı zamanda, daha eski orojenik dönemlere (örneğin Kadomiyen, Variskan, Kimmeriyen gibi) ait ürünler metamorfik masifler, magmatik kompleksler ve onları üzerleyen örtü birimleri şeklinde Alp-Himalaya orojenezine ait tektonik birliklerin tabanında yer alırlar.

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı olarak da bilinen Doğu Pontidler ise Geç Mesozoyik sırasında kuzeye yiten okyanusal litosfer üzerinde gelişmiş ve iyi korunmuş bir ada yayı olarak bilinmektedir (Akın, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Akıncı, 1984). Doğu Pontidler, Sakarya Zonu’nun doğu kesimini oluşturmakta ve İzmir-Ankara-Erzincan sütur zonunun kuzeyinde yer almaktadır (Okay ve Tüysüz, 1999) (Şekil 1.2). Doğu Pontidler gerek yapısal gerekse litolojik farklılıklarına göre kuzey ve güney olmak üzere iki farklı zona ayrılarak tanımlanmıştır (Ketin, 1966; Akın, 1979; Özsayar vd., 1981; Güven, 1993). Özellikle Üst Kretase dönemde belirgin farklılıklar gözlenmekte olup kuzey zonda Üst Kretase öncesi birimler yaygın olmamakla birlikte, Senoniyen ve Orta Eosen volkanik ve volkanoklastik kayaçlar daha hâkimdir; buna karşılık, güney zonda Üst Kretase öncesi birimler daha geniş alanlarda yayılım göstermektedir (Özsayar vd., 1981; Güven, 1993).



Şekil 1.2. Türkiye'nin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz, 1999) ve çalışma alanının bu birlikler içerisindeki konumu

Doğu Pontidlerin kuzey kesimleri boyunca kalk-alkalen volkanik kayalar ve bunların piroklastik kayaları ile epiklastik birimler ve çoğunlukla granitik intrüzyonlar yaygın olarak gözlenmektedir (Arslan vd., 1997; Kaygusuz ve Şen, 2011; Aydınçakır ve Kaygusuz, 2012; Boztuğ vd., 2006; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Aydın, 2014; Yücel vd., 2014; Aydınçakır, 2016; Sipahi vd., 2018, 2019; Karsli vd., 2017, 2018). Buna karşılık güney zonda ise çoğunlukla alkali potasik kayalar yayılım göstermektedir (Bektaş ve Gedik, 1988; Alther vd., 2008; Eyüboğlu, 2010; Gülmez ve Genç, 2015; Aydınçakır, 2016). Bununla birlikte, bölgede Paleozoyik yaşlı ve gabrodan granite kadar değişen irili ufaklı birçok intrüzif kayalar da gözlenmektedir (Çoğulu, 1975; Topuz vd., 2004, 2010; Ustaömer ve Robertson, 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz vd., 2012, 2016; Karsli vd., 2016; Kaygusuz, 2020; Şekil 1.3; Tablo 1.1). Çalışma alanının yer aldığı bölgede temel birimleri Karbonifer yaşlı metamorfite (Pulur Masifi, Karadağ ve Kurtoğlu Metamorfite): Topuz ve Alther, 2004; Topuz vd., 2004, 2007, 2010; Dokuz, 2000; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Dokuz vd., 2006; Ustaömer ve Robertson, 2010) ve onları keserek yerleşen Karbonifer plütonlar (Gümüşhane ve Köse Plütonları: Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975; Topuz vd., 2007, 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz vd., 2016; Karsli vd., 2016) oluşturmaktadır.



Şekil 1.3. (a) Türkiye'nin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz, 1999) ve çalışma alanının konumu. (b) Doğu Pontid Orogenik Kuşağı'ndaki ana plütonik kayaların dağılımı (Gedik vd., 1992; Güven, 1993) ve Paleozoyik plütonlardan elde edilen yaş verileri

Pulur metamorfite içine sokulan Saraycık graniti, daha güneyde Saruhan granodiyoriti ve kuzey kesimde yüzeyleyen Akşar granitoidi Bayburt yöresinde yer alan başlıca plütonları oluşturmaktadır. Bölgede gözlenen intrüzif kayalar düşük ve yüksek K'lu kalk-alkalin afiniteye sahip, metalümin-peralümin karakterli ve granitten alkalin siyenitik türe kadar değişen bileşimler sergilemektedir (Yılmaz ve Boztuğ, 1996). Bununla birlikte, plütonların yerleşimleri yay, çarpışma ile eş yaşlı ve/veya çarpışma sonrası gibi değişik tektonik ortamlarda meydana gelmiştir (Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz vd., 1997; Yeğingil vd., 2002). Paleozoyik plütonlar, bölgede Kretase ve Eosen plütonlarına kıyasla daha iri kristalli gelişmiş olmakla birlikte, magmatik anklav içerikleri daha az gözlenmektedir (Kaygusuz vd., 2016). Genellikle mafik bileşen olarak biyotit içermektedir. Buna karşılık Kretase ve Eosen plütonları çoğunlukla hornblend ve biyotit mineralleri içermesi ile tipiktir. Granitoidler, Doğu Pontidlerde yüzeyleme veren Paleozoyik temel kayaların yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır. Her ne kadar Paleozoyik plütonlar Doğu Pontidler'in güney zonunda yaygın mostralalar veriyor olsa da (Topuz vd., 2010; Ustaömer ve Robertson, 2010; Dokuz, 2011), son zamanlarda yapılan çalışmalarda bu intrüzif kütlelerin varlığı kuzey zonda da bilinmektedir (Kaygusuz vd., 2012, 2016; Kaygusuz, 2020; Şekil 1.3).

Tablo 1.1. Doğu Pontidlerde yüzeyleme veren Karbonifer yaşı plütonların dağılımı (Kaygusuz, 2020'den değiştirilerek)

Plüton adı (lokasyonu)	Yaş (My)	Yöntem	Referans
Köse (Gümüşhane)	322.2±3.8		
Köse (Gümüşhane)	306.6±4.2	Ar-Ar	Dokuz, 2011
Köse (Gümüşhane)	318±2.4		
Gümüşhane	298		
Gümüşhane	304	U/(Th-Pb)	Çoğulu, 1975
Gümüşhane	338		
Gümüşhane	309.2±5.3	Ar-Ar	
Gümüşhane	316.8±2.9	Ar-Ar	Topuz vd., 2010
Gümüşhane	319±5	U-Pb	
Gümüşhane	329±6	U-Pb	
Köse (Gümüşhane)	360	Rb/Sr	Bergougnan, 1987
Çamlık (Gümüşhane)	302.01±0.68	U-Pb	Karsli vd., 2016
Alazlı (Tonya-Trabzon)	312.1±2.1	U-Pb	Kaygusuz, 2020
Derinoba (Tonya-Trabzon)	317.2±3.5		
Derinoba (Tonya-Trabzon)	311.1±2.0	U-Pb	Kaygusuz vd., 2012
Kayadibi (Kürtün-Gümüşhane)	303.8±1.5		
Özdil (Yomra-Trabzon)	340.7±1.8		
Özdil (Yomra-Trabzon)	323.1±1.5		
Seslikaya (Maçka-Trabzon)	335.4±1.4	U-Pb	Kaygusuz vd., 2016
Soğuksu (Maçka-Trabzon)	348.4±1.6		
Şahmetlik (Tonya-Trabzon)	334.5±1.4		
Kızılağaç (Tonya-Trabzon)	337.2±0.69		
Çamlıkaya (Yusufeli-Artvin)	330±4.0		
Demirkent (Yusufeli-Artvin)	325±3.0	U-Pb	Ustaömer vd., 2013
Narlık (Yusufeli-Artvin)	330±19		

Bölgede Paleozoyik temel, Alt-Orta Jura yaşı volkanik ve volkanoklastik kayalardan oluşan ve Liyasik transgresyon (200-190 My) sonucu meydana gelen Şenköy Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Kandemir, 2004; Kandemir ve Yılmaz, 2009). Bu birim birçok araştırmacı tarafından rift ile ilişkili subalkalen karakterli volkano-sedimanter istif olarak nitelendirilmiştir (ör., Açar, 1977; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Şen, 2007; Kandemir ve Yılmaz, 2009). Bölgede volkano-sedimanter istif üzerine Üst Jura-Alt Kretase yaşı sığ platform karbonatları uyumlu olarak gelmekte olup, genellikle gri-bej renkli, kalın, yer yer masif katmanlı, çok zengin bentik foraminifer fosilleri içeren, taban seviyeleri yer yer dolomitlerden üst seviyeleri ise çört yumru ve

bantlı kireçtaşlarından oluşan, sığ denizel bir istif özelliği sunmaktadır (Pelin, 1977; Taşlı, 1990; Kırmacı, 1992; Yılmaz, 2002; Saydam Eker vd., 2012). Bölgede, Berdiga-Hozbirikyayla Formasyonu içinde resifal özelliklerde Sarıçicek Kireçtaşı Üyesi, kırıntılı seviyelerden oluşan Kaledere Üyesi ve üst seviyelerinde kireçtaşı, bitkili kumtaşı, silttaşı ardalımalı Burmakaya Üyesi yer almaktadır. Üst Kretase dönemde farklılıklar sergileyen Doğu Pontidler’de mostra veren ve toleyitiktan kalk-alkalene kadar geniş bir aralık sunan volkanik kayalar, yine Üst Kretase yaşlı granitler tarafından kesilmektedir (Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz vd., 1997; Kaygusuz vd., 2013; Sipahi vd., 2018). Üst Kretase, taban kesimlerinde türbiditik istif, üst kesimlerinde volkanik ağırlıklı kayalarla temsil edilirken, tüm bu birimler üzerine taban konglomerası ile uyumsuz olarak gelen Eosen ise üst kesimlere doğru volkanik tuf, *Nummulites*’li kireçtaşı ve volkanitler ile temsil edilmektedir (ör., Saydam Eker vd., 2012, 2016). Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozları çalışma alanının en genç birimini oluşturur.

1.5.1. Gümüşhane-Bayburt Paleozoyik Plütonları

Doğu Pontidler’de Gümüşhane-Bayburt arasında yüzeyleme veren Paleozoyik intrüzif kütlelerden mineralojik-petrografik ve petrolojik özellikleri, izotopik karakteristikleri ve stratigrafik konumları iyi bilinenleri ise şu şekilde özetlenebilir:

Gümüşhane Graniti (Gümüşhane Plütonu); Gümüşhane Plütonu Gümüşhane-Bayburt arasında yüzeyleme veren yaklaşık 40 km uzunluğa ve 10 km genişliğe sahip olmakla birlikte, yüksek-K’lu kalk-alkalin I-tipi granit/granodiyorit türü kayalardan oluşan ve Doğu Pontidler’in Liyas öncesi temeli temsil eden önemli bir kompleks konumundadır (Yılmaz, 1972; Coğulu, 1975; Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz vd., 2016; Karslı vd., 2016). Gümüşhane Plütonunun lökogradit ve granoporfirleri, yüzeyleme verdiği alanın güney sınırı boyunca Kurtoğlu metamorfik kompleksini keserek yerleşmiştir (Topuz vd., 2007). Buna karşın, metamorfik kayalarda kontak metamorfik etkiler gözlenmemekte olup, bu durum lökograditler ve granoporfirlerin oldukça sığ seviyelerde yerleşmiş olduğu şeklinde yorumlanmıştır (ör., Topuz vd., 2007). Daha önce yapılmış çalışmalarda, Kurtoğlu metamorfik kompleksinin saha ilişkileri ve metamorfitlerden elde edilmiş olan jeokronolojik verilerin, Gümüşhane plütonunun yerleşmesinin, amfibolit fasiyesi metamorfizması (337-323 My) ile Liyasik transgresyon (200-190 My) arasında gerçekleşmiş olduğu ifade edilmiştir (Topuz vd., 2007; Kandemir ve Yılmaz, 2009).

Gümüşhane plütounundan elde edilen mevcut jeokronolojik veriler (K-Ar biyotit, Rb-Sr tüm kayaç ve U-Pb zirkon) 107 ila 535 My arasında değişen geniş bir yaş dağılımını göstermektedir (Çoğulu, 1975; Moore vd., 1980; Bergougnan, 1987). K-Ar biyotit yaşlarının genellikle çok genç yaşlar verdiği (107 – 162 My), Rb-Sr tüm kayaç verilerinin ise çok yaşlı (362 – 535 My) verdiği, buna karşın ise yapılan son çalışmalarda plütounun yerleşme yaşının (U-Pb zirkon; 298 - 336 My) olduğu belirlenmiştir (Topuz vd., 2007). Alt-Orta Jura yaşlı volkanik ve volkanoklastik kayaçlar ise bölgede Paleozoyik temel üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır.

Köse Graniti (Köse Plütounu); Yüksek-K'lu kalk-alkalin peralümin granitlerden meydana gelen Köse plütounu, Doğu Pontidler'in Hersiniyen temelini oluşturan bir diğer önemli intrüzif kütleli oluşturmaktadır (Dokuz, 2011). Köse plütounu, hibrit granüler kayaçlar, mikrogranüler magmatik anklavlar, mafik ve porfiri dayaklar ve milonitlerden oluşan iç kütle ile monzogranitten oluşan dış kütle olmak üzere iki farklı bileşim sunmaktadır (Dokuz, 2011). İç kesimler 322-318 My Ar-Ar (biyotit ve hornblend) yaşları verirken, kütlelerin dış kesimlerini oluşturan monzogranitler 306 Ma Ar-Ar (K-feldsipat) yerleşim yaşı sunmaktadır (Dokuz, 2011). Yapılmış olan çalışmalar Köse plütoununun geç Erken Karbonifer ve Geç Karbonifer magmatizmasının çarpışma ortamında oluştuğunu göstermiştir (Dokuz, 2011).

Casurluk ve Çamlık Plütounları; Doğu Pontidler'de Paleozoyik temeli temsil eden bir diğer intrüzif kütle ise Gümüşhane yöresinde yüzeyleme veren Casurluk ve Çamlık Plütounlarıdır. Volumetrik olarak küçük bir bileşeni temsil etmesine karşın, Gümüşhane plütounundan farklı olarak, mafik bileşimli kayaçlardan oluşması bölgenin tektonomagmatik evrimi hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (ör., Karşı vd., 2016). Genel olarak gabro, diyorit, monzogabro, monzodiyorit ve monzonit gibi mafik bileşimli kayaçlardan oluşan geç Karbonifer-Erken Permiyen yaşlı (302 My) bu birimler, bölgede Erken-Orta Karbonifer intrüzif kütleler içerisinde yerleşmiştir (Karşı vd., 2016). Casurluk ve Çamlık plütounları metalümin ve I-tipi karakterli olup yüksek K'lu kalk-alkali özellik sergilemektedir. Yapılan çalışmalar, söz konusu plütounların ilksel magmalarının yitimle ilişkili akışkanlar tarafından metasomatize edilen eski litosferik manto malzemesinin kısmi ergimesi sonucu oluştuğunu göstermiştir (Karşı vd., 2016).

Akşar Graniti/Granitoyidi (Akşar Plütounu); Akşar Granitoyidi, Gümüşhane-Bayburt arasında Akşar beldesi ve civarına yer almakta olup bu topluluğuna ait ilk çalışmalar Ketin (1951) ve Baykal (1952) tarafından yapılmış ve birim Ketin (1951) tarafından Akşar

Graniti olarak adlandırılmıştır. Daha sonraki çalışmalarda da (ör., Keskin vd., 1989) aynı ad kullanılmıştır. Yaklaşık 20 km² yüzeyleme alanına sahip granitik kayalar tek bileşimde olmayıp, granit kütlelerinin farklı kayalar türlerinden meydana gelmiştir. Genel olarak pembe renkli, orta-iri kristalli granit, siyenogranit, granodiyorit, mikrogranodiyorit, monzogranit ve aplit kaya türlerinden meydana gelmekte, kenar zonlara doğru dasitik bileşime geçerek renk tonu açılmakta ve tane boyu küçülmektedir. Bu durum plütonun zonlu yapıda olabileceğini de göstermektedir. Tez kapsamında çalışılan Pamuktaş plütonu ise Akşar granitoidinin yaklaşık 10 km kuzey kesiminde yüzeyleme vermektedir (Şekil 1.3).

1.6. Önceki Çalışmalar

Çalışma alanını içersine alan bölgede farklı amaçlara yönelik birçok çalışma yapılmış olmakla birlikte, doğrudan Pamuktaş plütonuna yönelik pek çalışma bulunmamaktadır. Ancak, bununla birlikte çalışma alanı ve yakın çevresini kapsayan bazı çalışmalar ise kronolojik olarak şu şekilde özetlenebilir:

Bölgede detaylı ilk çalışma Ketin (1951) tarafından gerçekleştirilmiş ve Bayburt-Gümüşhane yöresinin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası çıkarılarak kaya birimleri ayırtlamış ve yapısal unsurları ortaya konmuştur. Araştırmacı tarafından Bayburt yöresinde yapılan çalışmalarda taban ve tavanını diskordansla sınırladığı Liyas yaşlı volkano-tortul istif, çalışma alanındaki Hamurkesen (Şenköy) Formasyonuna karşılık gelmektedir. Malm-Alt Kretase yaşlı birimler Liyas yaşlı volkano-tortullar üzerine bir transgressionla gelir.

Nebert (1961), Kelkit batısında detritik Liyas veya Jura flişi adını verdiği istifin, Ketin (1951) tarafından tespit edilen Bayburt yöresi volkano-tortullarına benzerlik gösterdiğini ve bunların Hamurkesen Formasyonu ile aynı olduğunu belirtmiştir.

Wedding (1963), Kelkit dolayında yaptığı çalışmada Liyas yaşlı istifin Malm dönemine kadar kesiksiz devam ettiğini ifade etmiştir.

Yılmaz (1972), Gümüşhane yöresinde yüzeyleme veren Paleozoyik yaşlı Gümüşhane graniti üzerinde çalışmalar gerçekleştirmiş, granitinin yerleşimi ve litolojik özellikleri hakkında incelemelerde bulunmuştur. Araştırmacı, Gümüşhane granitini litolojik olarak dört farklı kayalar türüne ayırmış olup birbirleri ile tedrici geçişli olan bu birimleri granodiyorit, adamellit (Çamlıca ve Gümüşhane) ve porfirik mikrogranit olarak tanımlamıştır.

Burşuk (1973), Bayburt yöresinin mikropaleontolojik ve stratigrafik irdelemesini yapmıştır. Buna göre Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı Hozbirikyayla Formasyonu, Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir.

Çoğulu (1975), Rize-Gümüşhane dolaylarında yüzeyleme veren intrüzif kayalar ile ilgili jeolojik, petrolojik ve jeokronolojik çalışmalar yapmıştır. Araştırmacı, Rize granitinin yaşını Tersiyer, Gümüşhane granitinin yaşını ise Üst Paleozoyik olarak bulmuştur.

Ağar (1977), Hozbirikyayla Formasyonu'nda yaptığı çalışmalarla çökelme ortamını belirlemiş, ortamın 0-100 m derinliği olduğundan bahsetmiştir. Mikritik kireçtaşları içinde bulunan Calpionella zonlarından ortamın derinleştiğini belirtmiştir.

Özsayar vd. (1981), yapmış oldukları “Doğu Pontidler’de Kretase” isimli çalışmada güney zonda Senomaniyen döneminin, erozyon dönemi olarak geçtiğini belirtmişlerdir.

Şengör ve Yılmaz (1981), Neotetis paleo okyanusunun kuzey kolunun riftleşme döneminin, Erken Jura yaşlı havzalar ve bunların içerdikleri çökeller tarafından temsil edildiğini öne sürmüştür. Riftleşme sonucu Kimmer olarak adlandırılan kıtanın devamlı parçalanması ve kapanmakta olan Paleotetis okyanusunun güneyinde kalan Neotetis okyanusunun kuzey kolunun bir kenar havzası olarak açılmaya başladığını, bunun ise Anatolid-Torid platformunun şekillenmesine yol açtığını ifade etmişlerdir.

Kesgin (1983), Akşar köyü (Bayburt) ve dolaylarında yüzeyleme veren birimleri litostratigrafi birimi esasına göre incelemiş ve birimlerin genel özelliklerini ortaya koymuştur. Bölgede Paleozoyik yaşlı granitler üzerine uyumsuz olarak gelen Liyas yaşlı formasyonu Balkayna Formasyonu olarak adlandırmıştır. Araştırmacı, bölgeye Liyas dönemde yerleşen paleo denizin zaman zaman kara ile ilişkili olduğunu ve Dogger dönemde ilk kez kalıcı bir paleodenizin yerleştiğini belirtmiştir.

Bektaş (1984), “Doğu Pontidlerde Üst Kretase yaşlı şoşonitik volkanizma ve jeotektonik önemi” isimli çalışmada bölgenin Üst Kretase dönemden başlayarak yeni bir gerilme rejimi altına girdiğini ve erken Üst Kretase dönemde kuzeydeki toleyitik-kalkalkali volkanizmanın takip eden dönemlerde güneyde kalkalkali-alkali volkanizmaya bıraktığını belirtmiş, bunu ise güney yönlü bir yitim mekanizması ile gerçekleştiğini savunmuştur.

Bektaş vd. (1984), Paleotetis okyanusunun kapanması sonucu meydana gelmiş olan Pontid magmatik yayının güney kesimindeki yay-ardı havzaları Erken Jura yaşlı havzalar olarak tanımlamıştır. Bu havzaların çekme gerilmesi rejimi altında Doğu Pontid güney zonunda D-B yönünde birbirine paralel rift havzaları şeklinde geliştiğini ve bu rift havzalarının birbirinden eski temele ait yükseltilerle ayrıldığını ifade etmişlerdir.

Bergougnan (1987), Doğu Pontidler güney zonda yaptığı çalışmada, geniş bir alanda paleocoğrafik konum, fosil toplulukları ve yörenin jeodinamik gelişimine yönelik bulgular ortaya koymuştur. Araştırmacı, Karadeniz kıyısı boyunca yüzeyleme veren Kretase volkanik kayaçlarını, güney zonda yer alan magmatik ve metamorfik kayaçları, Jura-Alt Kretase çökel kayalarını ve Üst Kretase flišlerini otokton birimler olarak tanımlamıştır. Orta Jura-Alt Kretase döneminde Gümüşhane yöresinin sığ, Bayburt yöresinin ise derin denizel ortamda olduğunu ifade etmiştir.

Güven (1993), Doğu Pontidler'in 1/250.000 ölçekli komplikasyonunu çıkarmıştır.

Okay ve Şahintürk (1997), Gümüşhane-Bayburt arasında yüzeyleme veren Jura yaşlı volkanotortullar (Kelkit Formasyonu) üzerinde çalışma gerçekleştirmiştir. Buna göre birimin yaklaşık 1500-2000 m kalınlıkta ve düşey-yanal fasiyes değişimleri gösterdiği ifade edilmiştir. Araştırmacılar birimi, volkaniklastik kumtaşı-şeyl, litik tüf-volkaniklastik kumtaşı-konglomera birimi ve kondanse karakterli Ammonitico rosso fasiyesi olmak üzere üç ana fasiyese ayırmıştır. Kelkit formasyonunun yaşı elde edilen fosil bulgularına göre Erken Pliensbakiyen-Toarsiyen olarak tanımlanmıştır.

Yılmaz (2002), Gümüşhane ve Bayburt dolaylarında yapmış olduğu çalışmada Mesozoyik dönemin ilk denizel çökellerini Erken Jura'da graben ve horst oluşan paleotopoğrafya kontrolünde şekillendiğini ifade etmiştir. Gelişen bu horst ve grabenlerde kıyıya yakın havzalarda tabanda kırıntılı bir seviye ile birlikte ammonitico rosso fasiyesinde gelişen kırmızı yumrulu kireçtaşlarının çökeldiğini, kıyıya uzak yükselti alanlarında ise doğrudan kondanse kireçtaşlarının çökeldiğini belirtmiştir.

Kandemir (2004), "Gümüşhane yakın yörelerindeki Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu'nun çökel özellikleri ve birikim koşulları" isimli çalışmasında, Gümüşhane yöresinde çok sayıda lokasyonda Liyas yaşlı birimlerden ölçülü stratigrafik kesitler almış, birimi en iyi yüzeyleme verdiği Şenköy yöresine izafeten 'Şenköy Formasyonu' olarak adlandırmıştır.

Arslan vd. (2005), Bayburt civarında yapmış oldukları çalışma ile Eosen birimlerin Alt-Orta Jura yaşlı volkano-klastikler ve Üst Jura-Alt Kretase yaşlı resifal karbonatlar üzerine uyumsuz olarak geldiğini, Tekçamtepe Formasyonu olarak tanımlanan Eosen istifinin *Nummulites*'li kireçtaşları ile başlayıp kilaşı ve marnla devam ederek birimin dereceli olarak tüflere geçiş gösterdiğini ortaya koymuştur.

Yücel (2007), Akşar (Bayburt) ve yakın civarında yapmış olduğu çalışma kapsamında bölgedeki fayları ve kıvrımları tanımlayarak sınıflandırmış ve aralarındaki

yapısal ilişkileri ortaya koymuştur. Bölgedeki farklı yaşta ve litolojideki birimlerden elde ettiği verilerden yola çıkarak bölgenin Eosen sonrası KB-GD doğrultulu bir sıkışma sonucu kıvrımlandığını belirlemiştir.

Mercan (2009), Akşar (Bayburt) ve yakın civarında yüzeyleme veren birimleri detaylı olarak çalışmış ve bazı formasyonları üye mertebesinde alt birimlerine ayırmıştır. Bu kapsamda Liyas yaşlı Hamurkesen formasyonunu ve Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı Hozbirikyayla formasyonunu detaylı olarak çalışmış ve üyelerine ayırmıştır. İnceleme alanında kuzeyde Eosen yaşlı volkanitler ile granitleri, güneyde ise Liyas yaşlı çökelleri, Dogger-Malm-Alt Kretase sığ deniz çökelleri ve Eosen volkanik ve sedimanları detaylı olarak haritalamıştır.

Topuz vd. (2010), Gümüşhane plütonunun yaşını Erken Karbonifer döneme karşılık gelen 324-320 My olarak bulmuştur. Araştırmacılar, Gümüşhane plütonunun yüksek-K'lu kalk-alkalin ve I-tipi granit ve granodiyoritik kayaçlar ile felsik (mikrogranit, sferolitik dasit ve riyolit) kayaçlardan oluştuğunu ortaya koymuştur.

Dokuz (2011), Doğu Pontidler'in Hersiniyen temelini oluşturan bir diğer önemli intrüzif kütle olan Köse granitinde yapmış olduğu çalışmada, granitik kayaçların yüksek-K'lu kalk-alkalin peralümin granitlerden meydana geldiğini, hibrit granüler kayaçlar, mikrogranüler magmatik anklavlar, mafik ve porfiri dayaklar ve milonitlerden oluşan iç kütle ile monzogranitten oluşan dış kütle olmak üzere iki farklı bileşim sunduğunu ortaya koymuştur. Elde ettiği yaş bulgularında intrüzif kütlelerin yerleşiminin 322-306 My arasında olduğunu ve plütonun geç Erken Karbonifer ve Geç Karbonifer magmatizmasının çarpışma ortamında oluştuğunu savunmuştur.

Karlı vd. (2016), Doğu Pontidler'de Paleozoyik temeli temsil eden intrüzif kütlelerden Casurluk ve Çamlık Plütonlarını incelemiş ve Gümüşhane plütonundan farklı olarak, mafik bileşimli kayaçlardan oluşmasının bölgenin tektonomagmatik evrimi hakkında önemli bilgiler sunduğunu savunmuştur. Genel olarak gabro, diyorit, monzogabro, monzodiyorit ve monzonit gibi mafik bileşimli kayaçlardan oluşan geç Karbonifer-Erken Permiyen yaşlı (302 My) bu birimler, bölgede Erken-Orta Karbonifer intrüzif kütleler içerisine yerleşmiştir. Casurluk ve Çamlık plütonları metalümin ve I-tipi karakterli olup yüksek K'lu kalk-alkali özellik sergilemektedir.

Eyuboğlu vd. (2017), Doğu Pontidlerde Gümüşhane, Bayburt ve İspir dolaylarında yüzeyleme veren Eosen plütonların K₂O içeriklerine göre dört ana guruba ayrıldıklarını, düşük K₂O içerikli, yüksek K₂O içerikli ve karışık (düşük-yüksek) K₂O içerikli plütonların

granodiyoritik ve monzonitik bileşimde; şöşonitik plütonların ise siyenitik bileşimli olduklarını ifade etmiştir. Ayrıca, söz konusu plütonların 41-47 My yaş aralığında yerleştiklerini ortaya konmuştur.

Çiftçi (2017), Bayburt yöresinde yer alan Çakırbağ Granitoidini incelemiş ve diyorit, granodiyorit ve tonalit bileşimli kayalardan oluştuğunu, I-tipi, yüksek-K'lu kalk-alkalen karakterli ve büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce zenginleşmiş olduklarını ve granitoidin gelişiminde plajiyoklas, hornblend ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Güloğlu (2017), Bayburt yöresindeki Arslandede Granitoidini ve içerisindeki mafik anklavları incelemiş, birimin başlıca monzogabro, monzodiyorit, monzonit, kuvarslı monzonit ve granit bileşimli kayalardan oluştuğunu ortaya koymuştur. İntrüzif kütle içerisinde gözlenen mafik anklavların orta-yüksek K'lu ve metalümin karakterli olduğunu belirtmiştir. İntrüzif kütlede gerçekleştirdiği zirkon ve apatit termometresine göre kristallenme sıcaklıklarının ana kayalarda 671-836 °C, anklavlarda ise 647-836 °C arasında değiştiğini, Arslandede Granitoidi'ne ait kayaların ana magmasının litosferik mantodan türediğini ve kabuk kayalarının katkısının nisbeten az olduğunu ifade etmiştir.

Kaygusuz vd. (2018), Gümüşhane ve Bayburt arasında gözlenen Eosen yaşlı Çiçekli, Somarova, Sorkunlu, Şaşurluk, Aydın-tepe, Kemerlikdağı ve Pelitli plütonları üzerinde çalışmalar yapmış ve birimin genel olarak KD-GB uzanımlı ve yaklaşık elips şekilli olduklarını, değişik boyutlu diyorit ve tonalit bileşimli mafik magmatik anklavlar içerdiklerini ve gabrodiyoritten granite kadar değişen bileşimde olduklarını ortaya koymuştur. Kayalarda hesaplanan kristallenme sıcaklıklarının 405-1161°C, basınç değerlerinin 0.1 ile 2.7 kbar ve amfibollerden hesaplanan su içeriklerinin ise % 2.9 ile 6.8 arasında olduğunu ve plütonların sığ derinliklere (1-8 km) yerleşerek soğuduklarını ifade etmiştir.

Selvi (2019), Gümüşdamla-Erikdibi (Bayburt) volkanitlerinin petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerini irdelenmiş ve volkanik kayaların bazalt, bazaltik andezit ve andezit bileşiminde olduklarını vurgulamıştır. Kayaların düşük-yüksek K'lu kalk-alkalin ve kısmen de toleyitik karakter sergilediğini, ana magmasının önceki yitimden oluşan akışkanların metasomatizmasıyla zenginleşmiş litosferik manto kaynağından türediğini ve daha sonra kabuk içerisinde özellikle fraksiyonel kristallenme ve daha az oranda da magma karışımı, kirlenme gibi magmatik olayların etkisiyle geliştiğini savunmuştur.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Pamuktaş (Bayburt) civarında yüzeyleme veren granitik kayaçların mineralojik-petrografik, petrokimyasal, petrolojik özelliklerini ortaya koymak amacıyla alınan kayaç örnekleri materyal olarak kullanılmıştır. Tüm bu çalışmalar, literatür araştırması, saha çalışmaları (harita yapımı, örnek alımı vb.), laboratuvar (petrografik inceleme amaçlı kesit yapımı, kimyasal analizler vb.) ve büro çalışmaları olmak üzere genel olarak dört aşamalı bir çalışma programından oluşmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen veriler derlenip yorumlanarak büro aşamasında tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

2.2. Arazi Çalışmaları

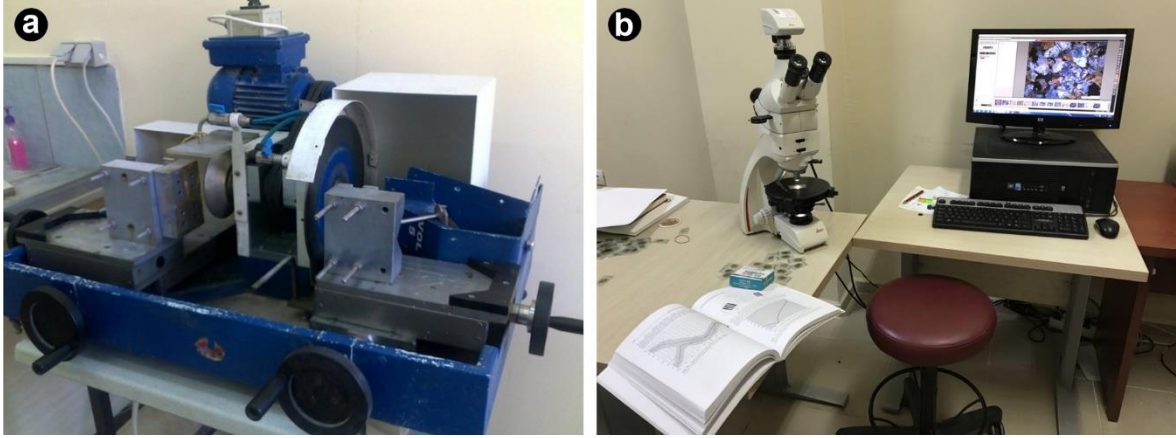
Arazi çalışmaları genel olarak jeoloji haritasının hazırlanması, mevcut haritalardan yararlanılarak birimlerin sınır ilişkilerinin gözden geçirilmesi, yapısal ve tektonik unsurların belirlenmesi ve laboratuvar çalışmaları için kayaç örneklerinin derlenmesine yönelik aşamaları oluşturmaktadır. Ancak çalışmanın hedefi doğrultusunda arazide yüzeyleme veren granitik kayaçlar ile ilgili daha detaylı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, önceki çalışmalar da dikkate alınarak, Pamuktaş-Akşar ve civarında yüzeyleme veren granitik kayaçlarla çevre kayaçlarının sınırları ve stratigrafisi belirlenmiş ve gerekli düzeltmeler yapılarak hedef sahanın 1/25.000 ölçekli jeolojik haritası hazırlanmıştır. Çalışmanın amacına uygun ve sistematik olarak yaklaşık 20 adet örnek toplanmış ve örnek alım noktalarının pusula ve el tipi GPS yardımıyla haritaya doğru bir şekilde işlenmesi sağlanmıştır. Alınan örneklerden taze olanları seçilerek petrografik kesit yapılmış ve uygun görülen örneklerden jeokimyasal analiz amaçlı örnek seçimi gerçekleştirilmiştir.

2.3. Laboratuvar Çalışmaları

2.3.1. Mikroskobik Tayinler

Çalışma alanlarından derlenen kayaç örneklerinin, mikroskobik tayinlerine yönelik petrografik kesitleri Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ince kesit hazırlama laboratuvarında yapılmıştır.

Pamuktaş plütonuna ait kayaçlardan çalışma amacına uygun olarak seçilen 15 adet taze granit örneğinden petrografik kesit hazırlanmıştır. Alınan örnekler öncelikle 0.5x2x4 cm boyutundaki plakalar şeklinde kesilmiş, bir yüzeylerinin pürüzlülükleri giderilerek 1 mm kalınlığındaki 2.5x5 cm boyutundaki cam üzerine kanada balzamu kullanılarak yapıştırılmıştır. Cam lamel üzerine yapışmış olan plaka, PetroThin (MA381450) marka cihazda aşındırılarak 0.025 mm kalınlığa kadar inceltilmiş ve petrografik tayin için hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan petrografik kesitler, Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarı'ndaki LEICA DM-EP marka mikroskopta ayrıntılı olarak incelenmiştir. Mineral toplulukları ve dokusal özellikleri ortaya konan örneklerin petrografik adlandırmaları yapılarak önemli olanlardan, LEICA DFC295 marka kamera ile mikro fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. (a) Petrografik kesit yapımında kullanılan PetroThin marka cihazın görünümü. (b) Alınan kayaç numunelerinden yapılan petrografik incelemeler

2.3.2. Jeokimyasal Analizler

Petrografik incelemeler sonucunda altere olmamış örneklerden birimi temsilen seçilen 9 adet örneğin ana, iz ve nadir toprak element analizleri yaptırılmış, bunlardan yararlanılarak granitik kayaçların petrokimyasal ve petrolojik özellikleri genel olarak ortaya konmaya çalışılmıştır.

Tüm kayaç jeokimya analizleri için Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü örnek hazırlama laboratuvarında 250-300 gr ağırlığındaki örnekler önce çeneli kırıcı daha sonra da halkalı öğütücüde yaklaşık olarak 200 mesh tane boyutuna kadar öğütülmüştür. Öğütülmüş örneklerden yaklaşık olarak 15 gr toz örnek, ana, iz ve nadir

toprak analizleri için ACME Analiz Laboratuvarı (Vancouver, Kanada)'na gönderilmiştir. Ana ve iz elementler İndüktif Eşleşmiş Plazma-Emisyon Spektrometresi (ICP-ES: Inductively Coupled Plasma-Emission Spectrometry), iz ve nadir toprak element analizleri ise İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS: Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) yöntemiyle yapılmıştır. Ölçülen elementlerin deteksiyon ve üst limitleri Tablo 2.1'de verilmiştir. Öğütülen toz örneklerden 0.2 gr alınarak 1.5 gr LiBO₂ ile karıştırılmış ve %5 HNO₃ içeren bir sıvı içinde çözündürülmüştür. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ise ppm olarak ölçülmüştür. Nadir toprak elementler ise, toz örneklerden 0.25 gr alınarak farklı asitler içerisinde çözündürülmüş ve analiz sonuçları ppm olarak tespit edilmiştir. Analiz yapılan cihaza referans materyal olarak STD GS311-1, STD GS910-4, STD SO-19, STD SO-19, STD DS11 ve STD OREAS262 standartları girilmiştir. Ana element analizlerinde, toplam demir Fe₂O₃* cinsinden ölçülmüştür. Ateşte kayıp miktarını belirlemek için öncelikle örneğin nemi uzaklaştırılmıştır. Bunun için önceden belirlenen miktarda örnek alınarak 105°C'de 24 saat fırında kurutulmuş ve tartılarak ağırlığı belirlenmiştir. Karbondioksit ve sülfür gazı ölçümleri için %2'lik C ve %1'lik S standartları hazırlanmış ve analize hazır hale getirilmiştir. Örnekler daha sonra yaklaşık 1 saat 1000°C'lik sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Isıtmadan önce ve sonraki ağırlıklar kontrol edilerek su, karbondioksit ve sülfür kayıpları belirlenmiş ve iki tartı arasındaki farkın yüzdesi alınarak örneklerin ateşte kaybı (A.K.) tespit edilmiştir.

2.4. Büro Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen bulgular büro çalışmaları aşamasında değerlendirilmiştir. Saha çalışmaları sırasında ve sonrasında hazırlanan haritalar, kesitler, petrografik ve kimyasal analiz sonuçları sayısal ortamda çeşitli paket programlar kullanılarak çizilmiş ve tablolar oluşturulmuştur. Granitik kayalardan elde edilen veriler farklı tanımlama ve sınıflama diyagramları kullanılarak yorumlanmış ve literatür çalışmaları ile denştirilerek sonuçlar ortaya konmuştur.

Sonuç olarak elde edilen tüm veriler değerlendirilip yorumlanarak Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na göre tezin yazımı gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2.1. Tüm-kayaç ICP-ES ve ICP-MS analiz yöntemlerinde ana oksit (%), iz element (ppm, ppb) ve nadir toprak element (ppm) alt ve üst tayin sınırları

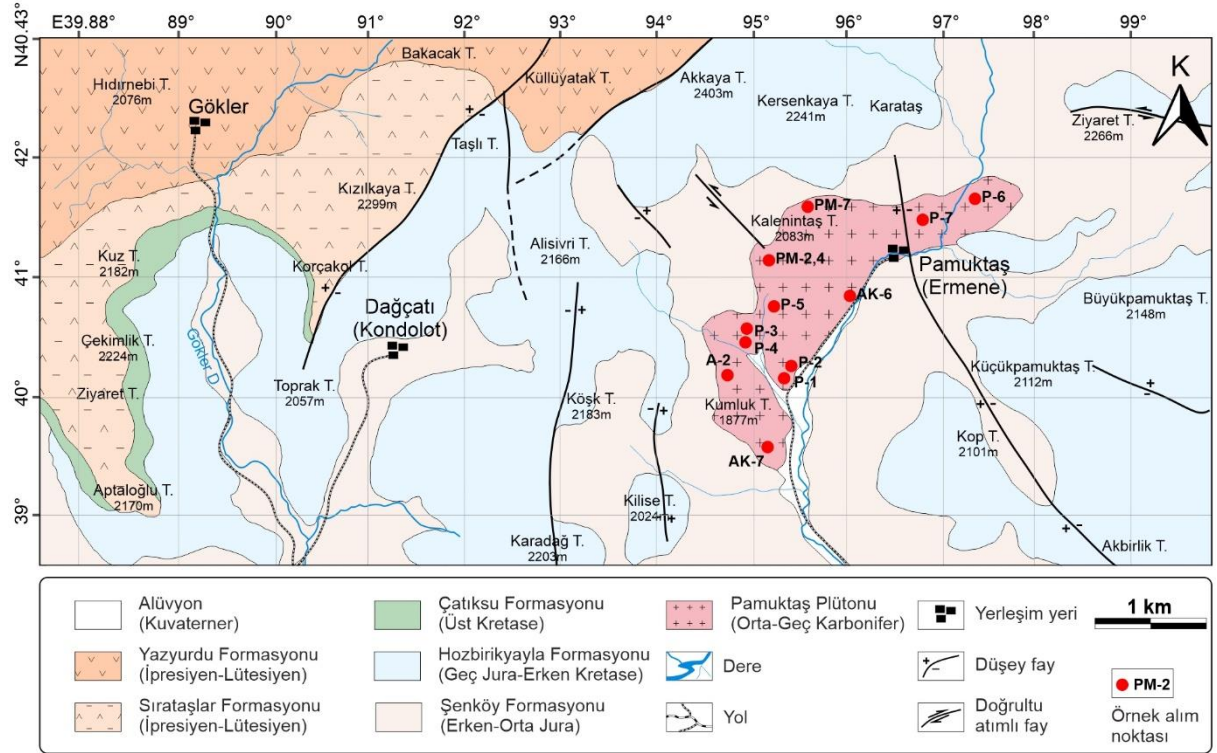
Element	Alt sınır	Üst sınır	Element	Alt sınır	Üst sınır
	yüzde (%)			ppm	
SiO ₂	0.01	100	Be	1	10.000
Al ₂ O ₃	0.01	100	Co	0.2	10.000
Fe ₂ O ₃ *	0.04	100	Cs	0.1	10.000
MgO	0.01	100	Ga	0.5	10.000
CaO	0.01	100	Hf	0.1	10.000
Na ₂ O	0.01	100	Nb	0.1	50.000
K ₂ O	0.01	100	Rb	0.1	10.000
TiO ₂	0.01	100	Sn	1	10.000
P ₂ O ₅	0.01	100	Sr	0.5	50.000
MnO	0.01	100	Ta	0.1	50.000
Cr ₂ O ₃	0.002	100	Th	0.2	10.000
LOI	0.1	100	U	0.1	10.000
Sum	0.01	100	V	8	10.000
Ba	1 (ppm)	5	W	0.5	10.000
	ppm		Zr	0.1	50.000
Ni	20	10.000	Y	0.1	50.000
Sc	1	10.000	La	0.1	50.000
Mo	0.1	2.000	Ce	0.1	50.000
Cu	0.1	10.000	Pr	0.02	10.000
Pb	0.1	10.000	Nd	0.3	10.000
Zn	1	10.000	Sm	0.05	10.000
Ni	0.1	10.000	Eu	0.02	10.000
As	0.5	10.000	Gd	0.05	10.000
Cd	0.1	2.000	Tb	0.01	10.000
Sb	0.1	2.000	Dy	0.05	10.000
Bi	0.1	2.000	Ho	0.02	10.000
Ag	0.1	100	Er	0.03	10.000
Au	0.5 (ppb)	100.000 (ppb)	Tm	0.01	10.000
Hg	0.01	50	Yb	0.05	10.000
Tl	0.1	1.000	Lu	0.01	10.000
Se	0.5	100			

3. BULGULAR

3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi

Pamuktaş köyü (Bayburt, KD Türkiye) ve yakın civarını içerisine alan inceleme alanı tektonik olarak Sakarya Zonu'nun doğu kesimini oluşturan Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda yer almakta ve yaklaşık 35 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Bu çalışma kapsamında hedef birim olarak seçilen intrüzif kayaçlar ise, yaklaşık 5 km²'lik bir alanda yüzeyleme vermektedir.

Karbonifer yaşlı Pamuktaş Plütunu çalışma alanında Jura öncesi temeli temsil etmekte olup uyumsuz olarak Erken-Orta Jura yaşlı volkanoklastik ve volkanik kayaçlar ile Geç Jura – Erken Kretase kireçtaşları tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Şekil 3.1). Çalışma alanının en geç oluşumlarını Kuvaterner alüvyonları ve yamaç molozları temsil etmektedir.



Şekil 3.1. Pamuktaş (Bayburt, KD Türkiye) ve civarının jeoloji haritası

Yukarıdaki bulgular ışığında değerlendirildiğinde, çalışma alanında yüzeylenen litostratigrafi birimleri yaşıdan gence doğru şu şekilde sıralamak mümkündür (Şekil 3.2);

- Alüvyon (Kuvaterner)
- Yazıyurdu Formasyonu (Erken-Orta Eosen)
- Sırataşlar Formasyonu (Erken-Orta Eosen)
- Çatıksı Formasyonu (Geç Kretase)
- Hozbirkıyayla Formasyonu (Geç Jura – Erken Kretase)
- Şenköy Formasyonu (Erken-Orta Jura)
- Pamuktaş Plütunu (Orta-Geç Karbonifer)

Üst Sis.				Litoloji	Aç ı k l a m a l a r
Sis.					
Seri				Form.	
Senozyik					
Paleojen				Alt - Orta Eosen	Yaz-yurdu
Kuv.					
Kretase				Üst Kretase	Çatıksı
Alt Kretase					
Jura				Üst	Şenköy
Alt-Orta					
Orta-Üst Karbonifer (Üst Paleozoyik)					

Alüvyon, yamaç molozu
Tüf, tüfit, kumtaşı, marn, kıltaşı ar dalanması, Nummulit'li kireçtaşı kumtaşı
Nummulit'li kireçtaşı, kumtaşı kumlu kireçtaşı
Kumtaşı-silttaşı ar dalanması
Kırmızı pelajik kireçtaşı ara seviyeli sarımsı beyaz, gri renkli resifal kireçtaşı
Kireçtaşı, dolomit, dolomitik kireçtaşı
Çört yumru ve ara seviyeleri içeren dolomitik kireçtaşı
Çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ardışımı
Kireçtaşı
Kömür ara seviyeleri içeren çakıltaşı, kumtaşı
Yer yer bazik volkanik düzeyleri de içeren volkanijenik çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ardışımı
Bol makro fosilli kırmızı kireçtaşları (Ammonitico Rosso fasiesi)
Üst kısımlara doğru kömür ara seviyeleri ve mercekleri içeren taban konglomerası
Pamuktaş Plütonu (granit, granodiyorit, aplit)

Şekil 3.2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti

3.1.1. Pamuktaş Plütunu

Çalışma alanının Jura öncesi temelini meydana getiren birim, Keskin vd. (1989) tarafından Akşar köyü dolaylarında yayılım gösteren granitik kayalar için tanımladığı “Akşar Graniti” içerisinde yer almaktadır. Ancak bu çalışma kapsamında, pembe renkli iri

kristalli görünümü ile dikkat çeken granitik kayaçlar için, tip yerlerden biri olan Pamuktaş köyüne atfen ilk kez “Pamuktaş Plütonu” olarak adlandırılmıştır (Şekil 3.3a, b). Genellikle Pamuktaş Köyü ve yakın civarında, Kumluk Tepe ve Kalenintaş Tepe dolaylarında yüzeyleme vermektedir. İri kristalli ve pembe rengi ile arazide kolayca tanınmaktadır. Birim tek bileşimde olmayıp, pembe renkli, orta-iri kristalli granit/mikrogranit (Şekil 3.3c), granodiyorti/mikrogranodiyorit (Şekil 3.3d) ve aplit’ten (Şekil 3.3e) meydana gelmektedir. Oldukça çatlaklı bir yapıya sahip olup, üç yönde (K-G, KB-GD, KD-GB) gelişmiş çatlak sistemi mevcuttur. Yer yer ileri derecede arenalaşmıştır (Şekil 3.3f). Çatlaklar çoğunlukla ikincil karbonat, kil mineralleri ve silis dolguludur.

Birimde yapılmış bir yaş çalışması bulunmayıp, Gümüşhane yöresinde benzer litolojiye sahip Gümüşhane granitinden dolayı yaşı Orta-Geç Karbonifer olarak alınmıştır.



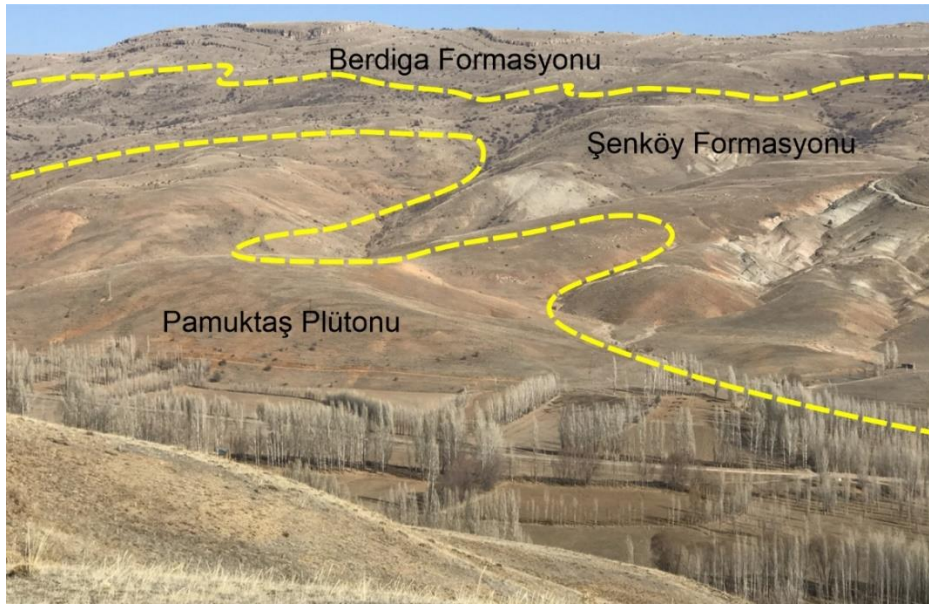
Şekil 3.3. a-b) Pamuktaş Köyü güneyinde gözlenen granitler. c) İri kristalli granit ve d) granodiyorit. e) İnce taneli aplitik granit. f) Granitlerde gözlenen arenalaşmalar

3.1.2. Şenköy Formasyonu

Jura öcesi temel birimleri uyumsuz olarak örten Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy formasyonu (Şekil 3.4), farklı araştırmacılar tarafından (ör., Hamurkesen Formasyonu: Ağar, 1977; Zimonköy Formasyonu: Eren, 1983) değişik adlarla tanıtılmış olmasına karşın, son dönemde Bayburt ve Gümüşhane yörelerinde yapılan detaylı çalışmalar ile (Kandemir, 2004; Kandemir ve Yılmaz, 2009) Şenköy Formasyonu adını almıştır.

Tabanda kuvars, kuvarsit ve metamorfik şist çakıllarından oluşan kötü boylanmalı sıkı pekişmiş bir konglomeratik çakıldaşı seviyesi ile başlayan birim, kırmızı renkli, bol kırıklı orta tabakalı kireçtaşları ile devam etmektedir. Yer yer kumtaşı ile kömür mercekleri de içermektedir. Kireçtaşı katmanı üzerinde yaklaşık birkaç kalınlık sunan yeşil renkli ve çoğunlukla ayrışmış volkanik kayalar bulunmaktadır. Bazı seviyelerde bol plajiyoklas içerikli ve yer yer ayrışmış piroksenlerin gözlendiği bazalt türü volkanik kayalar seviyeleri gözlenmektedir. Çalışma alanında pek yayılım göstermemekle birlikte, mevcut gözlenenler çoğunlukla volkanik kayalar bileşimindedir. Şenköy formasyonu içerisinde bant ve mercekler halinde “Ammonitico rosso” fasiyesinin tipik özelliklerini sunan ammonitli, mercanlı, belemnitli kırmızı renkli kumlu kireçtaşı seviyeleri de yer almaktadır.

İnceleme sahasında geniş alanlarda yüzeyleme veren birim genellikle koyu renklerde, mor, yeşilimsi gri renkli bazaltik lav ve piroklastlarından oluşmaktadır.



Şekil 3.4. Pamuktaş Köyü güney kesimlerinde Şenköy formasyonunun alt ve üst birimlerle olan sınır ilişkisi (yer: Kumlu Tepe güney kesimleri)

Kumtaşları yeşilimsi gri, boz mavimsi renklerde ince-orta-kalın tabakalı olarak gözlenir ve genelde volkanik kayaç kırıntılarında oluşmuştur. Çoğunlukla çakıltası, kumtaşı, silttaşı ve şeyl türü kayaçlar ile ardışıklı olarak gözlenirler. Silttaşı ve şeyller ince tabakalı ve oldukça kırıklı bir yapıda görülürler.

Çalışma alanında birimin kalınlığı fasiyes değişimleri dolayısıyla değişkenlik göstermektedir. Kandemir (2004) tarafından makro ve mikro fosillere dayanılarak birime Erken-Orta Jura yaşı verilmiştir. Şenköy formasyonu çalışma alanında, Gümüşhane yöresinde yaygın olarak yüzeyleme veren Berdiga formasyonunun Bayburt yöresindeki eşleniği olarak kabul edilen Hozbirikyayla formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir.

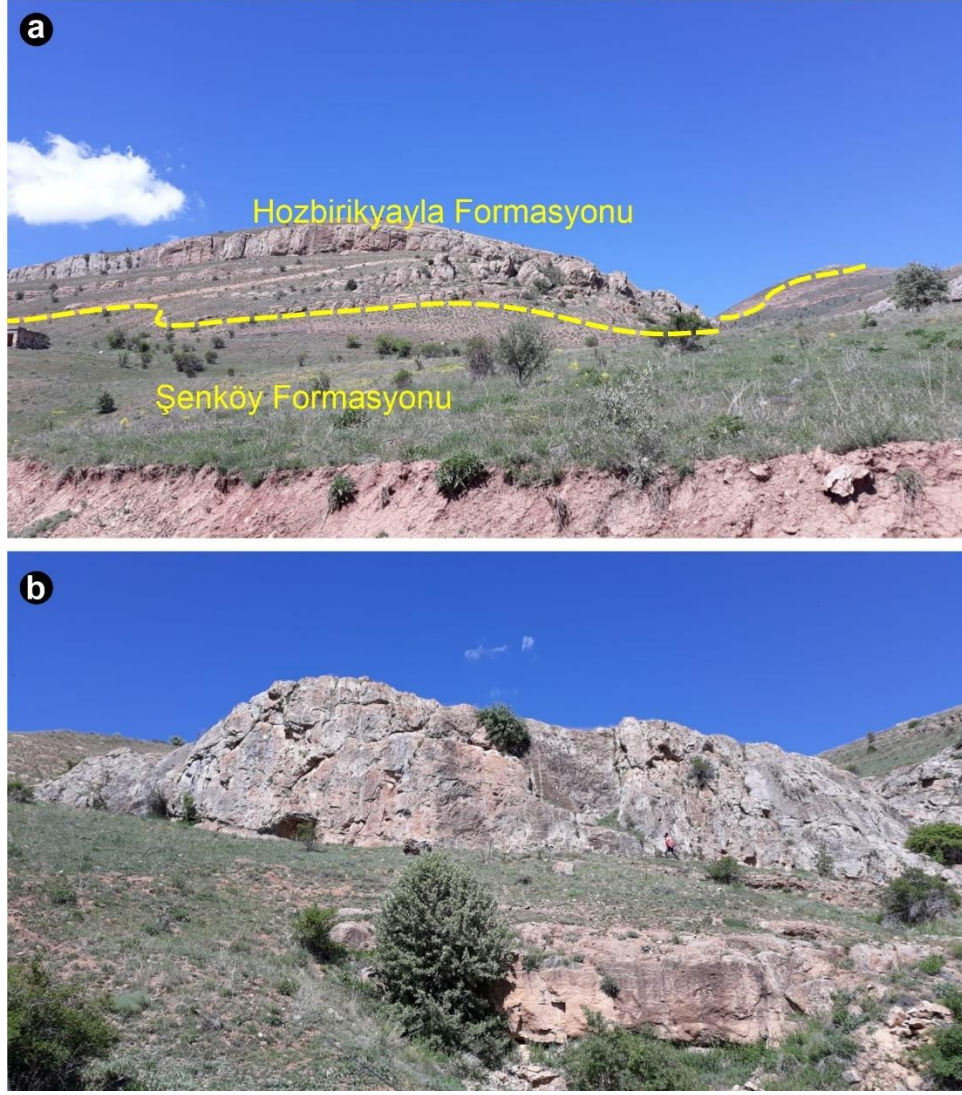
3.1.3. Hozbirikyayla Formasyonu

Bayburt yöresinde yaygın olarak yüzeyleme veren formasyon ilk olarak Ağar (1977) tarafından adlandırılmıştır. Yörede yaygın olarak kullanıldığından bu çalışma kapsamında da Hozbirikyayla formasyonu adı kullanılmıştır. Bununla birlikte, Gümüşhane yöresinde benzer litolojik özellikler gösteren birim için ise Berdiga formasyonu ismi kullanılmıştır.

Hozbirikyayla formasyonu çalışma alanında gri, sarımsı beyaz, açık gri, boz renkli oolitlik kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kireçtaşı ile kumtaşı-silttaşı ara katkılı çört bantlı istif özelliğindedir. Akşar, Dağçatı ve Pamuktaş köyleri ve civarında genellikle yüksek kesimlerde yüzeyleme vermektedir.

Hozbirikyayla formasyonu Şenköy formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir (Şekil 3.5a). Birim genelde düşey yönde değişimler ve geçişler göstermekle birlikte, iki formasyon arasında açısız uyumsuzluğun olduğu tartışmalıdır (Keskin vd., 1989). Gri, beyazımsı gri, açık gri renklerle kırmızımsı renkte olup, en altta kumlu kireçtaşıyla başlar, üzerine masif kireçtaşları gelir. Alt seviyede bulunan kumlu kireçtaşı üyesi geniş alanlarda mostra verir (Şekil 3.5b). Çalışma alanında yaklaşık kalınlığı 300-350 m arasında değişmektedir. Üstlere doğru birim orta-kalın tabakalıdır. Gri, beyazımsı gri, açık gri renklerde genelde mikritik, sparitik çimentoludur.

Birim, inceleme alanında gözlenmeyen fakat Gümüşhane yöresinde yaygın mostra vermiş olan Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenmiştir. Bu nedenle de yaşı Geç Jura-Erken Kretase olarak tanımlanmıştır (Keskin vd., 1989).



Şekil 3.5. a) Hozbirikyayla formasyonunun Şenköy formasyonu ile olan dokanağı (Bayramçayırı Tepe). b) Aynı alanda formasyona ait masif kireçtaşı bloklarının görünümü

3.1.4. Çatıksu Formasyonu

Çalışma alanının batı kesimlerinde gözlenen ancak pek yüzeyleme vermeyen Çatıksu Formasyonu ilk kez Keskin vd. (1989) tarafından adlandırılmıştır. Litolojik olarak kahverengi, sarımsı renkli kumtaşları, kırmızı pelajik kireçtaşları, çamurtaşı ve kilitaşı ardışımından meydana gelmektedir. Birim altında bulunan Şenköy ve Hozbirikyayla formasyonlarının üzerine açılmal uyumsuzlukla gelmekte olup Erken-Orta Eosen yaşlı Sırataşlar ve Yazyurdu formasyonları tarafından uyumsuz olarak üzerlenmektedir. Çatıksu formasyonunun yaşı, içerdiği faunaya göre, Geç Kretase (Kampaniyen-Erken Maastrichtiyen) olarak verilmiştir (Keskin vd. 1989).

3.1.5. Sırataşlar Formasyonu

Çalışma alanının batı-kuzeybatı kesimlerinde Gökler Köyü ve civarında yüzeyleme veren Sırataşlar formasyonu, tip lokasyon olan Sırataşlar Köyü'ne (Bayburt) atfen Ağar (1977) tarafından bu isimde tanımlanmıştır. Genellikle grimsi sarı, kirli sarı, bej ve yer yer açık yeşilimsi renklerde ve ince-orta tabakalı *Nummulites*'li kireçtaşı, kumtaşı, yer yer marn ve kumlu kireçtaşı seviyelerinden meydana gelmektedir. Birim çalışma alanında kumlu kireçtaşı, *Nummulites*'li kireçtaşı seviyeleri ile Geç Kretase yaşlı Çatıksu formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelir. Formasyonun yaşı Keskin vd. (1989) tarafından Erken-Orta Eosen (İpresiyen-Lütesiyen) olarak ortaya konmuştur.

3.1.6. Yazyurdu Formasyonu

Çalışma alanının kuzeybatı kesimlerinde gözlenen Yazyurdu formasyonu genellikle andezitik tüf, tüfit, aglomera, dasitik tüf, dasit gibi volkanik kayalar ile kumtaşı, silttaşı, marn, kumlu kireçtaşı ve fosilli kireçtaşı ardışımından oluşan volkanotortul bir istif özelliği sunmaktadır. Keskin vd. (1989) tarafından adlandırılan formasyona, alt ve ara seviyelerde yer alan kireçtaşı bloklarının içerdiği faunaya göre Erken-Orta Eosen (İpresiyen-Lütesiyen) yaşı verilmiştir. Birim adını mostra verdiği Yazyurdu Köyünden (Bayburt) almaktadır. Birim, çalışma alanında kendinden daha yaşlı tüm birimleri açısal uyumsuzlukla örtmektedir. Gökler Köyü, Hıdırnebi Tepe ve Taşlı Tepe civarlarında Sırataşlar formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelmektedir. Yazyurdu formasyonu, tabanda sarı, gri renkli ve bol *Nummulites*'li kireçtaşları ve kumtaşları ile başlar ve dikey olarak marn, kumtaşı ardalanması ile devam eder. Üst kesimlere doğru ise kumtaşı marn, tüf istifinde yer yer tüf ve çakıl blokları gözlenmektedir. Yazyurdu formasyonu çalışma alanının en geç birimini oluşturmakta olup üzerine Kuvaterner yaşlı Alüvyon ve yamaç molozları gelmektedir.

3.1.7. Alüvyon

Çalışma alanında Kuvaterner'in büyük bir kısmını alüvyon ve yamaç molozu oluşturmaktadır. Yer yer kalın bir örtü tabakası oluşturan alüvyonlar Pamuktaş ve gökler dereleri boyunca yayılım göstermektedir. Birim içerisinde çevre kayaların kil boyutundan

blok boyutuna kadar değişen malzemeleri gözlenmektedir. Örtü kalınlığı bazı alanlarda yüzeyden itibaren birkaç metreyi geçmekte ve güncel olarak oluşmaya devam etmektedir. Yan derelerin ovaya girdiğı yerlerde yer yer alüvyon konileri bulunmaktadır ve oldukça iri malzemeler (blok, kum, çakıl) içermektedir.

3.2. Pamuktaş Plütonunun Petrografisi

Pamuktaş plütonu tek bir bileşimde olmayıp, granitik kayaçların farklı litolojilerinden meydana gelmiştir. Bu litolojiler arası geçiş yanal olmasına karşın, ayrı ayrı haritalanması olası değildir. Plütonun özellikle kenar kesimleri boyunca yaygın olarak aplitik granitleri görmek mümkündür. Birim içerisinde yüzeyleme veren kayaçlar granit/aplit (mikrogranit), granodiyorit ve kuvarslı mikrodiorit olmak üzere üç ana grupta incelenmiştir.

3.2.1. Granit / Aplit (Mikrogranit)

Birimde gözlenen granitler gerek dokusal gerekse litolojik açıdan Gümüşhane plütonu ve Akşar granitoyidi granitleri ile benzer özellikler göstermektedir. Aşınmanın ve tektonik faaliyetlerin yoğun olarak etkili olduğu yerlerde oldukça altere ve çatlaklı/kırıklı bir yapıdadır. Yer yer ilksel görünümelerini tamamen kaybetmişlerdir. El örneklerinde tipik pembe rengi ve orta-iri kristalli mineralojik bileşimi ile dikkat çekmekte, boyutları 0.5-2 cm arasında değişen iri feldispat (pembe renkli ortoklas) kristalleri yanında bol miktarda kuvars, plajiyoklas ve opak mineralleri içermektedir. Ana mineralleri kuvars, plajiyoklas ve ortoklas, ferromagnezyen minerallerden ise biyotit ve hornblend meydana getirmektedir. Bazı örneklerde opak mineraller, ikincil muskovit ile alterasyon ürünü olan serizitleşme, kloritleşme, killeşme, karbonatlaşma ve silisleşmeler de izlenebilmektedir. İntrüzif kayaçlara özgü taneli (granüler) doku gerek makroskopik gerekse mikroskobik olarak gözlenebilmektedir. Birimin kenar zonları boyunca görülen mikrogranitler (aplitler) ise daha ince taneli olarak gelişmiştir. Ayrışma yüzeyleri killeşmeden dolayı daha açık renklidir. Çatlaklar ikincil kalsit, kil mineralleri ve silis ile doldurulmuştur. Hızlı soğumadan dolayı kenar zonlarda ince taneli aplitik granitler görülürken, plütonun orta kesimlerine doğru tane boyutu büyür.

Bu birimden alınan örneklerin mikroskopik incelenmesinde aşağıdaki özellikler belirlenmiştir:

Doku: Granitler tüm kristalli ince-orta ve yer yer iri taneli (granüler) ve aplitler ise ince taneli (<1 mm) granüler doku sergilemektedir.

Mineraller: Açık renkli mineraller bolluk sırasına göre kuvars, ortoklas ve plajiyoklasdan oluşurken, koyu renkli mineraller genellikle biyotit ve çok az hornblend minerallerinden meydana gelmektedir (Şekil 3.6).

Kuvars, kayaç içerisinde yaklaşık %30-35 civarında bulunmaktadır. Öz şekilsiz, yer yer iri kristaller halindedir. Büyük bir çoğunluğu çatlaklı ve kırıklı bir şekilde ve deforme olmuş halde gözlenmektedir. Bazı kristallerde yer yer dalgalı sönme görülür.

K-Feldispat (ortoklas), kesitlerde yaklaşık %25-30 civarında bulunmaktadır. Çoğunlukla yarı özşekilli ve özşekilsiz olarak bulunurlar. Örneklerde renksiz, düşük röliyefli ve çoğunlukla ayrılmış halde gözlenmektedir. Bazı kristalleri ayrılarak serizitleşmiş ve yer yer ise killeşmiştir. Genellikle çatlaklı olarak gözlenir. Düşük çift kırıcılığa sahip olup, genellikle grimsi tonlarda görülmektedir. Bazı kristallerde küçük plajiyoklas ve amfibol mineral inklüzyonları görülmekte olup, bunlar poikilitik doku oluştururlar. Kayaçta çok gözlenmemekle birlikte, bazı K-feldispat kristalleri içerisindeki plajiyoklasların birbirlerine az-çok paralel yönde dizilmesi sonucu ise pertitik dokular meydana gelmiştir. Optik özelliklerine göre türlerinin ortoklas olduğu belirlenmiştir.

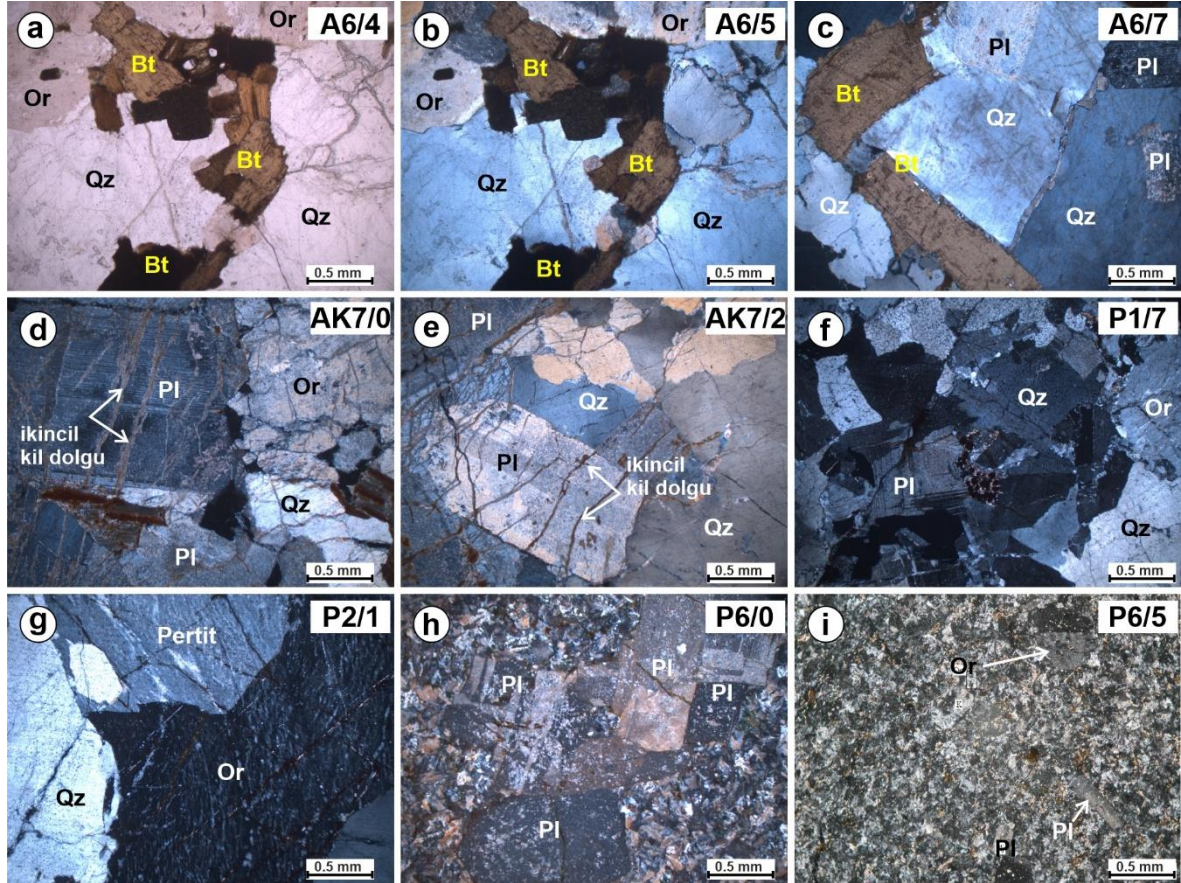
Plajiyoklas, kesitlerde yaklaşık %20-25 arasında bulunmaktadır. Kayaç içerisinde çoğunlukla yarı öz şekilli olarak gözlenmektedir. Renksiz ve düşük optik engebeye sahiptir. Kristallerin büyük bir çoğunluğunda serizitleşmeler gözlenmektedir. Sınırları boyunca yer yer killeşmeler de izlenebilmektedir. Albit ikizlenmesi ve bazıları da zonlu yapı göstermektedir. Sönme açıları 16-20° arasında değişir. Ölçülen sönme açlarına göre yapılan anortit içeriği tayini sonucunda cinsleri oligoklas (An_{23-25}) olarak bulunmuştur. Plajiyoklaslar genelde kırıklı bir yapı göstermekte olup, kırılmalar genellikle uzun eksene dik yönde gelişmiştir.

Biyotit, kesitte %3-4 civarında bulunmakta ve kahverengi rengi ile ayırt edilmektedir. Bununla birlikte sarımsı-kahvemsiz pleokroizması ve tek yönlü dilinimi belirgindir. Kısmen özşekilli ve çoğunlukla yarı özşekilli gelişmiştir. Optik engebeleri yüksektir. Dilinim izlerine göre paralel sönme gösterirler.

Opak mineraller, kayaç içerisinde küçük kristaller halinde, çok az miktarda (%1 civarında) ve dağınık şekilde gözlenmektedir. Düzensiz geometrik şekiller halinde olup,

küçük tanelidir. Özellikle amfibol ve biyotit gibi mafik minerallerin bulunduğu bölgelerde yoğunlaşmışlardır.

İkincil mineraller, serizit, kil ve kalsit olup, plajiyoklas ve ortoklasların ayrışma ürünleri olarak görülürler.



Şekil 3.6. Granitlerin mikroskobik görünüşleri. a) Kuvars, ortoklas ve biyotit mineralleri (tek nikol). b-c) Aynı örneğe ait çift nikol görünüşleri ve kuvars, plajiyoklas, ortoklas ve biyotit mineralleri. d-e) Yoğun olarak deforme olmuş granitte gelişmiş ikincil kil dolgular. f) Kuvars, plajiyoklas ve ortoklas mineralleri. g) İri kristalli granitlerde pertit ve kuvars mineralleri. h) İnce taneli granitik kayalarda gözlenen plajiyoklas fenokristalleri. i) İnce taneli aplitik granitin görünümü. Qz: Kuvars, Or: Ortoklas, Pl: Plajiyoklas, Bt: Biyotit (a görüntüsü tek nikol, diğer görüntüler ise çapraz nikolde alınmıştır)

3.2.2. Granodiyorit

Pamuktaş plütону içerisinde yayılımı en az olan kayaç grubunu oluşturmaktadır. Genellikle plajiyoklas içeriğine bağlı olarak rengi açık gri ve yer yer pembemsi olan granodiyoritler, granitlere nazaran daha taze görünümlüdür. Çatlaklı bir yapıya sahip olan

bu kayaçlar gözle görülebilecek büyüklükte kuvars, plajiyoklas, ortoklas ve ferromagnezyen minerallerden oluşmaktadır.

Doku: Tüm kristalli ince-orta ve yer yer iri taneli (granüler).

Mineraller: Açık renkli mineraller bolluk sırasına göre plajiyoklas, kuvars ve ortoklas, koyu renkli mineraller genellikle hornblend bileşimindedir (Şekil 3.7).

Plajiyoklas, genellikle iri kristalli ve yarı özşekilli olarak gelişmiş ve çoğunlukla ayrılmış durumdadır. Kayaçlarda yaklaşık %40-42 civarında bulunmaktadır. Sönme açıları genellikle 16-20° arasında değişir. Ölçülen sönme açılarına göre yapılan anortit içeriği tayini sonucunda cinsleri andezin (An_{34-40}) olarak bulunmuştur. Büyük plajiyoklas kristalleri üzerinde yer yer hornblend ve mafik mineral kapanımları görülmektedir. Plajiyoklas kristallerinde yer yer halkalı zonlanmalar görülmektedir (Şekil 3.7b). En yaygın ayrışma türü serizitleşme ve killeşmedir.

Kuvars, genellikle öz şekilsiz fenokristaller halinde, kırıklı ve çatlaklı bir yapıdadır. Bazı kesitlerde de dalgalı sönme göstermektedir. Granodiyoritlerde kuvars içeriği yaklaşık %25-30 civarındadır.

Ortoklas, genellikle %20-25 civarında görülmekte ve özşekilsiz kristaller halindedir. Bazı kristallerde karlsbad ikizlenmesi görülmektedir. Yer yer ayrışarak serizitleşmişlerdir.

Hornblend, genellikle yarı öz şekilli, yer yer ise özşekilli gelişmiş kristaller halindedir. Bazı kesitlerde iki yönlü dilinimleri belirgin olarak izlenebilmektedir (Şekil 3.7b). Yeşilimsi rengi ve pleokroizması ile tipiktir (Şekil 3.7a). Ayrışmadan dolayı yer yer yeşil rengi ve pleokroizması pek belirgin değildir. Yer yer ise küçük kristaller şeklinde ve diğer mineraller üzerinde inklüzyon şeklinde gözlenir ve poiklitik doku oluşturur. Bazı hornblendler ayrışarak klorite dönüşmüştür. Kesitlerde genellikle %4-5 civarında bulunmaktadır.

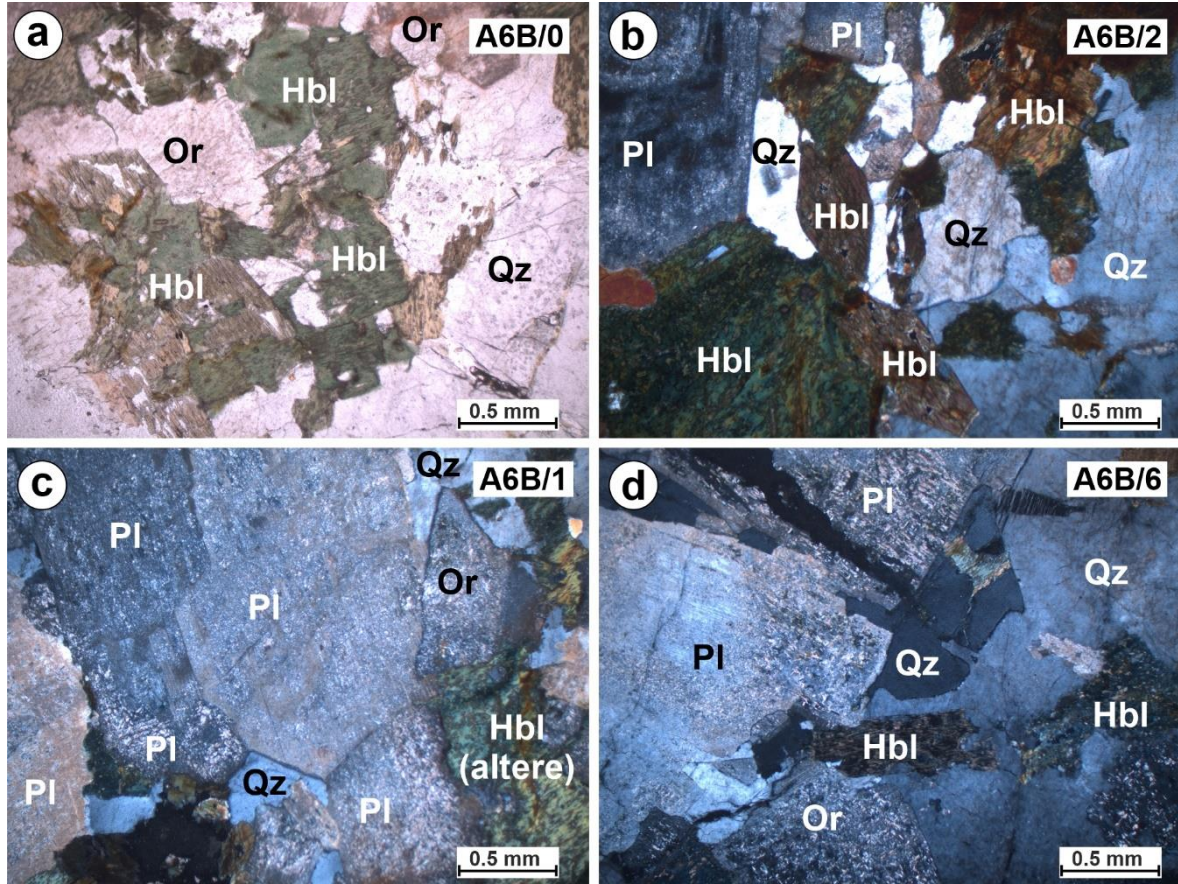
Opak mineraller, irili ufaklı öz şekilsiz kristaller halinde ve dağınık halde bulunur. Çoğunlukla mafik mineraller ile bir arada gözlenirler.

İkincil mineraller, serizit ve klorit olup feldispat ve hornblend minerallerinin ayrışma ürünleri olarak görülürler.

3.2.3. Kuvarşlı Mikrodiorit

Arazide tipik olarak pembemsi renkte gözlenirler. Genellikle granitler ile birlikte bulunmakta olup daha ince doku göstermeleriyle granitlerden ayırt edilebilirler. Taze

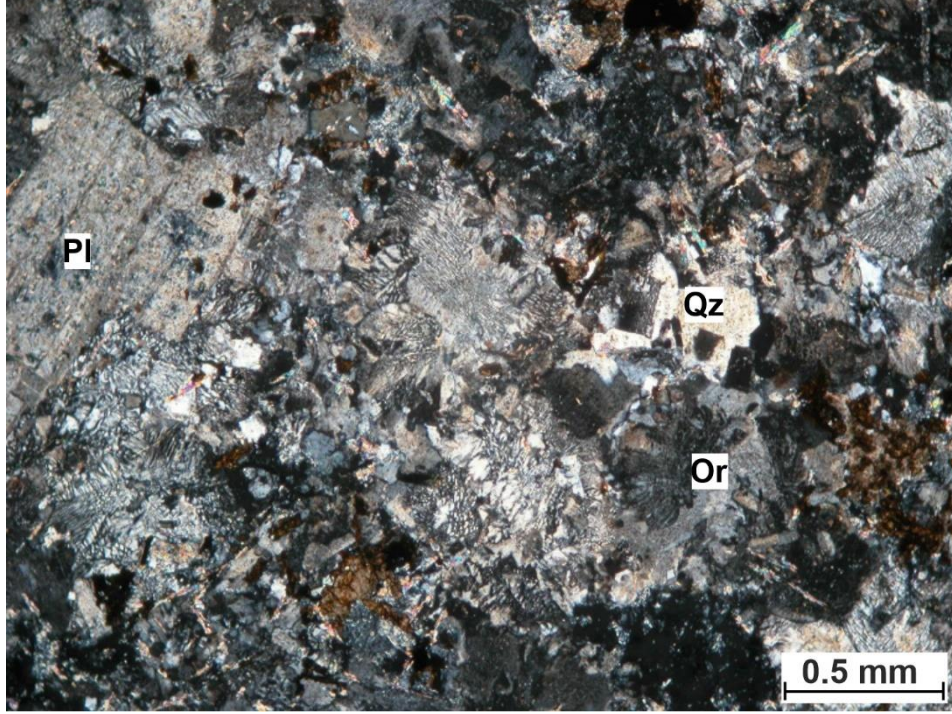
örneklerine rastlandığı gibi petrografik olarak tanınamayacak halde bozuşmuş olanlarına da rastlanmaktadır. İkincil kalsit dolgular çokça görülen ayrışma türünü oluşturur.



Şekil 3.7. Granodiyoritlerin mikroskobik görünüşleri. a) Yeşilimsi renkli hornblend minerallerinin tek nikoldeki görünümü. b) Yarı özşekli ve özşekli hornblend mineralleri ile kuvars ve plajiyoklas minerallerinin görünümü. c-d) İri kristalli plajiyoklas ve ortoklas mineralleri ile nispeten küçük kristalli gelişmiş kuvars mineralleri ve altere hornblend. Qz: Kuvars, Or: Ortoklas, Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend (a görüntüsü tek nikol, diğer görüntüler ise çapraz nikolde alınmıştır)

Deformasyon etkisi ile kırıklı ve çatlaklı bir yapı kazanmışlardır. Kuvars, genellikle ince kristalli ve yer yer orta büyüklükte taneler halinde bulunur. Çoğunlukla yarı özşekli ve özşekilsizdir. Plajiyoklas mineralleri cins tayini yapılamayacak kadar bozuşmuş olup sadece kristal sınırları seçilebilmektedir. Cins tayini yapılabilen kristaller andezin olarak belirlenmiş ve yaklaşık 25° sönme açıları (An_{45-48}) elde edilmiştir. Nadir olarak zonlu plajiyoklaslarda görülmektedir. Diğer minerallere nazaran daha iri gelişmiş olan fenokristaller halindedir. Ortoklas, öz şekilsiz ve çoğunlukla mikro kristaller halinde bulunmaktadır. Ayrışmadan dolayı kil ve serizit mineralleri gelişmiştir. Ortoklasların

kuvars ile yan yana ışınsal, radyal ve sferik olarak büyümesi sonucu reaksiyon dokuları gelişmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Kuvarslı mikrodiorit örneğinin mikroskopik görünümü (Pl: Plajiyoklas, Qz: Kuvars, Or: Ortoklas, görüntü çapraz nikolde alınmıştır)

3.3. Tüm Kayaç Jeokimyası

Granitik kayaçların tüm kayaç jeokimyası, mineralojik bileşimleri ve dokusal özellikleri ile birlikte değerlendirilerek, başlıca magma kökeninin belirlenmesinde kullanılmakla birlikte, silis içeriğine göre magmatik diferansiyasyon trendinin belirlenmesinde de kullanılmaktadır. Elde edilen verilerle granitoidlerin magmaları başlıca S-, I-, M- ve A-tipi magmalar; alkalin ve subalkalin magmalar; peralümino, metalümino ve peralkalin karakterli magmalar olarak tanımlanabilmektedir (Boztuğ ve Oltu, 2001).

Granitoidler temel olarak ana element jeokimyası verilerinden molar $Al_2O_3/(Na_2O + K_2O + CaO)$ oranı ile mafik mineral topluluğuna dayandırılarak S- ve I-tipi (Chappel ve White, 1974), M-tipi (White, 1979) ve A-tipi (Loiselle ve Wones, 1979) olarak sınıflandırılmıştır. Mafik mineral toplulukları farklılık gösteren bu granitoidlerde S-tipi

granitoidlerin peralümino karakterli biyotit, muskovit, kordiyerit, andaluzit ve granat; I-tipindekilerin metalümino karakterli piroksen, hornblend ve biyotit; M-tipinde olanların piroksen ve hornblend ve A-tipinde olanların ise tamamen peralkalin karakterli egirin, ribekit ve arfvedsonit türü minerallerden oluştuğu ileri sürülmektedir (ör., Boztuğ ve Oltu, 2001).

M- ve I-tipi granitoidler daha çok manto ve magmatik kökenli olup yitim süresince kısmı ergime ile oluşmakta iken, S-tipi granitoidler ise kabuk kökeni (sedimanter ve metasedimanter kayaçların kısmi ergimesini) işaret etmekte ve bunların genel olarak oluşumları yitimin son evresine veya çarpışma başlangıcına karşılık gelmektedir. A-tipi granitoidler ise plaka içi veya yay gerisi ortamlarda oluşmakta ve belirgin kimyasal karakterleriyle diğer tip granitlerden ayrılmaktadır.

M-tipi granitoidler düşük K, Rb, Th, U, La, Ce ve Nb içeriğine sahip ancak az miktarda yitim zonu zenginleşmesi gösterirken, I-tipi olanlar yitim zenginleşmesinden dolayı orta miktarda Rb, Th, U ve normal mantoya göre hafif Nb, Ta, Hf, Y zenginleşmesi gösterir. Buna karşılık, S tipi olanlar, çarpışma bölgelerinde daha yaygın olup jeokimyasal olarak $Al_2O_3 > (Na_2O + K_2O + CaO)$ ve marjinal olarak daha yüksek SiO_2 (%65-74) içerikleri ile karakterize edilmektedir. Plaka içi anorojenik ortamlarda veya bir orojenik olayın son aşamasında yerleşen A-tipi granitoidler, yüksek SiO_2 (>%77) ve Na_2O içeriği ile yüksek Florit (6000-8000 ppm) varlığı ile karakteristiktir.

Yukarıda değinilen tüm bu özellikler, granitik kayaçların farklı tektonik ortamlardan ve farklı kaynaklardan itibaren oluşabileceğini işaret etmektedir. Bu özellikleri ortaya çıkarmak ise granitik kayaçların jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ile mümkün olmaktadır. Dolayısıyla, Pamuktaş plütünü oluşturan granitik kayaçları petrokimyasal açıdan irdeleyerek, magma tipini ve kökenini saptamak amacıyla seçilen örneklerden ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) analizleri gerçekleştirilmiş, sonuçlar ise Tablo 3.1’de verilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak plütünü oluşturan kayaçların türleri, petrokimyasal özellikleri ve tektonik ortamları ortaya konmuştur.

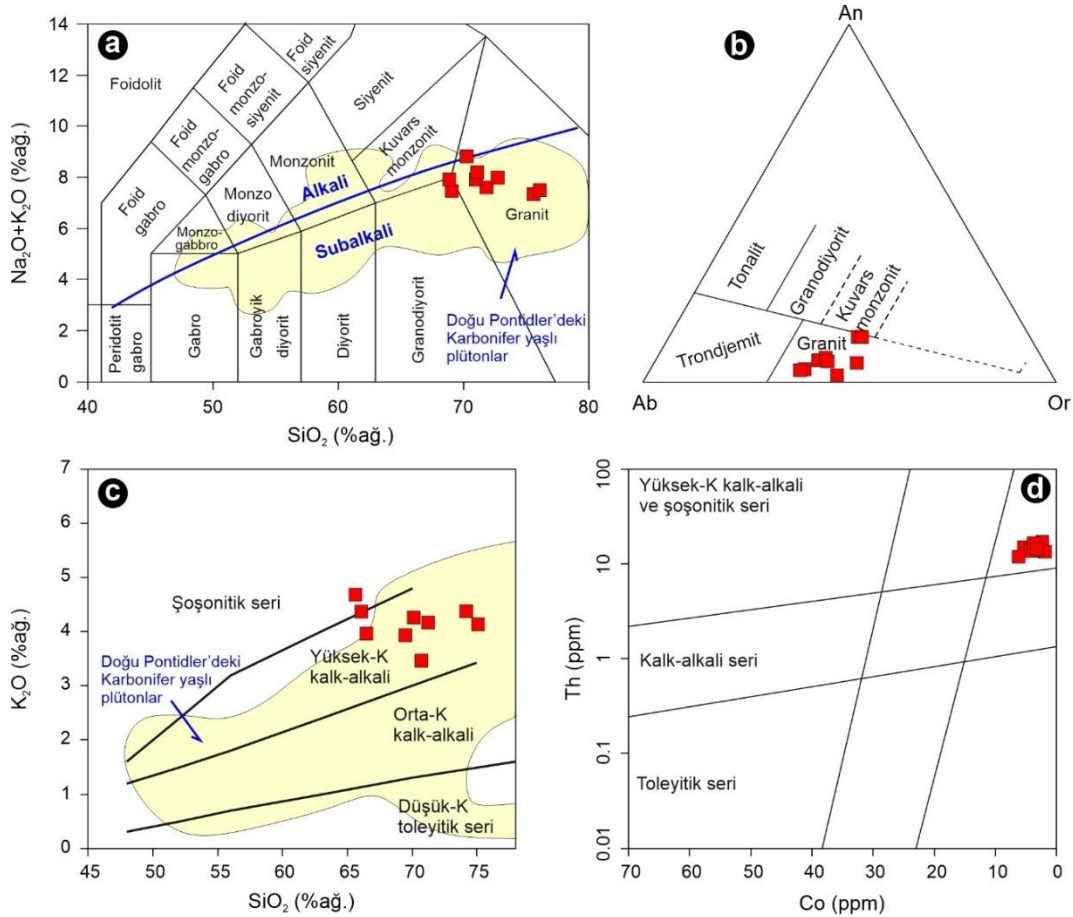
Pamuktaş plütünü granitik kayaçlarının SiO_2 ve Al_2O_3 içerikleri genel olarak yüksek olup sırasıyla %65.62-75.09 ve %12.80-14.71 arasında değişmektedir. Bu kayaçlar genellikle düşük $Fe_2O_3^T$ (%2.89-4.78), MgO (%0.07-1.10) ve TiO_2 (%0.13-0.48) içeriklerine sahiptir. Buna karşılık, kayaçların mineralojik bileşimleri ile uyumlu olarak nispeten yüksek K_2O (%3.47-4.69) ve Na_2O (%2.77-4.37) içerirler.

Tablo 3.1. Pamuktaş plütönuna ait granit örneklerinin ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) içerikleri

Örnek No	AK6	AK7	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
SiO ₂	66.50	66.06	74.17	75.09	70.72	69.49	65.62	70.14	71.23
Al ₂ O ₃	14.12	14.71	12.87	12.80	14.21	14.67	13.97	14.04	13.77
Fe ₂ O ₃ ^T	4.39	4.62	2.92	2.89	4.71	4.45	4.78	4.67	3.59
MgO	0.36	0.85	0.12	0.07	0.47	0.21	1.10	0.44	0.43
CaO	0.56	1.58	0.60	0.25	0.46	0.84	1.64	0.92	0.78
Na ₂ O	4.37	2.77	2.82	3.25	4.00	3.80	2.84	3.81	3.65
K ₂ O	3.97	4.37	4.38	4.14	3.47	3.94	4.69	4.26	4.17
TiO ₂	0.28	0.48	0.14	0.13	0.27	0.35	0.44	0.23	0.24
P ₂ O ₅	0.07	0.11	0.03	0.03	0.07	0.09	0.11	0.06	0.07
MnO	0.07	0.09	0.06	0.05	0.06	0.05	0.08	0.10	0.06
Cr ₂ O ₃	0.008	0.005	0.004	0.003	0.007	0.006	0.005	0.01	0.006
A.K.	3.10	4.20	1.80	1.10	1.30	1.90	4.40	1.00	1.80
Toplam	97.92	99.86	99.93	99.93	99.87	99.88	99.85	99.81	99.86
Ba	975	672	913	934	1246	1170	1195	1218	1046
Sc	10	8	5	5	7	9	9	8	6
Be	2	3	3	3	4	4	<1	3	3
Co	3.3	5.4	2.3	1.9	3.8	4.2	6.2	3.7	3.2
Ni	12.9	7.4	7	7.3	9.7	10.7	9.4	12.9	8.9
Cs	1.1	3.1	6.1	4.4	1.4	1.8	2.8	1.1	0.9
Ga	18.8	17.6	15.3	15.2	17.3	18.7	16.5	18.4	17.5
Hf	6.6	5.2	3.6	3.6	6	6.8	4.7	6.6	4.9
Nb	12.6	12.1	9.1	9.7	10.3	11.4	11.3	12.5	10.5
Rb	103.2	113.4	122.4	119.2	98.2	114.6	133.9	118	121.5
Sn	4	5	3	3	4	4	5	5	4
Sr	131.6	200	83	107	119.5	139.6	229.8	143.9	141.1
Ta	0.9	0.9	0.5	0.7	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8
Th	14.4	15.1	17.2	13.5	13.8	13.8	11.9	16.7	14.5
U	4.3	3.7	1.5	1.9	2.3	2.5	2.8	3.5	3.4
V	17	41	8	10	14	22	37	14	16
W	1	0.9	1.2	0.9	1.4	1.7	0.9	2.7	1.5
Zr	241.8	182	111.1	104.9	219.5	261.9	168.1	240.9	166.7
Y	29.9	25	22.8	29	26.2	27.6	22.6	31.6	23.7
La	45.7	38	34.8	36.5	42.3	43.5	34.8	50.5	39.9
Ce	87.8	71.7	63.3	70	79	82.8	66.9	95.9	75.8
Pr	10.18	8.59	7.31	8.02	8.77	9.44	7.94	10.9	8.62
Nd	36.5	30.9	26.2	29.1	31.9	35.4	29.3	39.9	31
Sm	7.04	6.01	4.74	5.85	5.5	6.54	5.88	7.23	5.73
Eu	0.98	0.93	0.57	0.58	1.07	1.11	1.02	0.89	0.78
Gd	6.25	5.3	4.5	5.27	5.19	5.92	5.2	6.28	5.03
Tb	0.95	0.79	0.7	0.83	0.78	0.86	0.76	0.94	0.75
Dy	5.59	4.41	4.09	5.17	4.75	5.25	4.48	5.39	4.29
Ho	1.1	0.83	0.83	1.05	0.98	1.01	0.84	1.1	0.85
Er	3.18	2.51	2.47	3.11	2.92	2.99	2.39	3.06	2.52
Tm	0.45	0.36	0.35	0.45	0.42	0.44	0.35	0.44	0.35
Yb	3.06	2.47	2.42	3.09	2.76	2.92	2.23	2.99	2.38
Lu	0.47	0.36	0.38	0.45	0.45	0.46	0.33	0.45	0.36
Mg#	14	27	8	5	17	9	31	16	19
A/CNK	1.13	1.21	1.23	1.24	1.27	1.22	1.10	1.12	1.15
Eu/Eu*	0.45	0.50	0.38	0.32	0.61	0.55	0.56	0.40	0.44

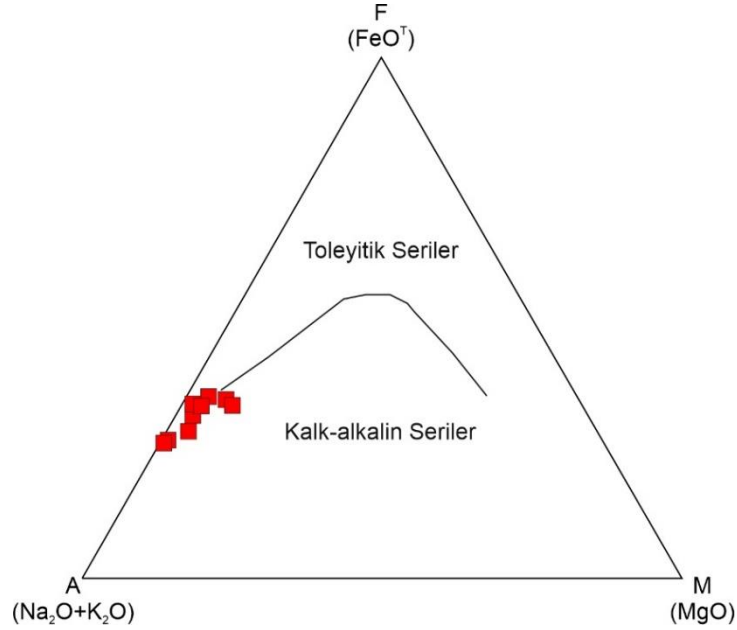
Fe₂O₃^T: Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. A.K. (Ateşte Kayıp): Toplam uçucu içeriği. Mg# = molar MgO / molar (MgO+FeO^T)*100. Eu/Eu* = Eu_N/ √(Sm_N×Gd_N), N= Kondrit değerleri (Boynton, 1984).

Örneklerin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ değerleri %7.14-8.34 arasında değişmekte ve Middlemost (1994) Toplam Alkali Sınıflama diyagramına göre granit (7 örnek) ve granodiyorit (2 örnek) bileşimine karşılık gelmektedir (Şekil 3.9a). Benzer şekilde, normatif An-Ab-Or üçgen sınıflama diyagramı (Barker, 1979) örneklerin granit türü kayalar olduğunu işaret etmektedir (Şekil 3.9b). Plütone ait kayaların, Peccerillo ve Taylor (1976)'ın SiO_2 (%ağ.) karşı K_2O (%ağ.) diyagramında (Şekil 3.9c) çoğunlukla yüksek-K kalk-alkali, Hastie vd. (2007)'nin Co (ppm) karşı Th (ppm) diyagramında (Şekil 3.9d) ise yüksek-K kalk-alkali ve şoşonitik karakterli olduğu görülmektedir. Düşük MgO ve Fe_2O_3^T ile çok düşük Mg# (molar $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO}_{\text{tot}})$ değerleri (5-31) içerikleri granitik kayaların kalk-alkalin bir afiniteye sahip olduğunu işaret etmektedir. Irvine ve Baragar (1971)'in alkali-subalkali sınıflamasına göre tüm örnekler kalk-alkalin bölgede yer almıştır (Şekil 3.10).

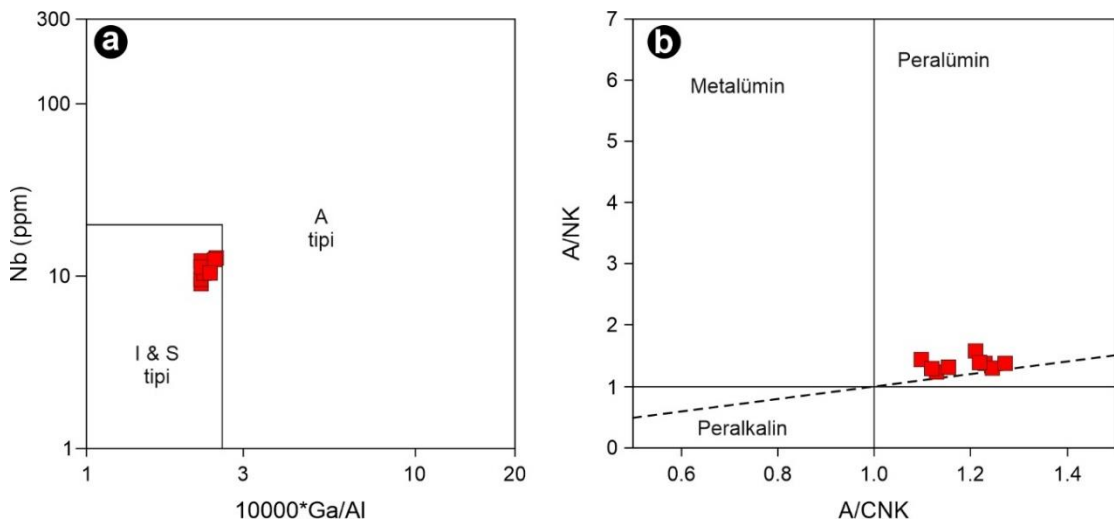


Şekil 3.9. Pamuktaş plütönuna ait örneklerin a) Toplam Alkali Silis (TAS) sınıflama (Middlemost, 1994), b) Normatif An-Ab-Or sınıflama (Barker, 1979), c) K_2O (%ağ.) - SiO_2 (%ağ.) (Peccerillo ve Taylor, 1976) ve d) Th (ppm) - Co (ppm) (Hastie vd., 2007) diyagramları. Doğu Pontidler'deki Karbonifer yaşı plütön alanları Kaygusuz (2020)'den alınmıştır

Örneklerin Al_2O_3 , Zr, Nb, Ce, Y, Ga değerleri Pamuktaş plütonu kayaçlarının A-tipi bir magmadan ziyade I-tipi bir magmadan itibaren türediğini göstermektedir. Whalen vd. (1987)'nin Nb (ppm) karşı $10000 \cdot \text{Ga}/\text{Al}$ diyagramında (Şekil 3.11a) tüm örnekler I-tipi karakter sergilemektedir. İncelenen örneklerin ana magmaları, A/NK karşı A/CNK diyagramına göre ise peralümin karakteri yansıtmaktadır (Şekil 3.11b).



Şekil 3.10. Granitlerin AFM ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{T}}$, MgO) diyagramı. Toleyitik-kalk-alkalin ayırım eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'e göre



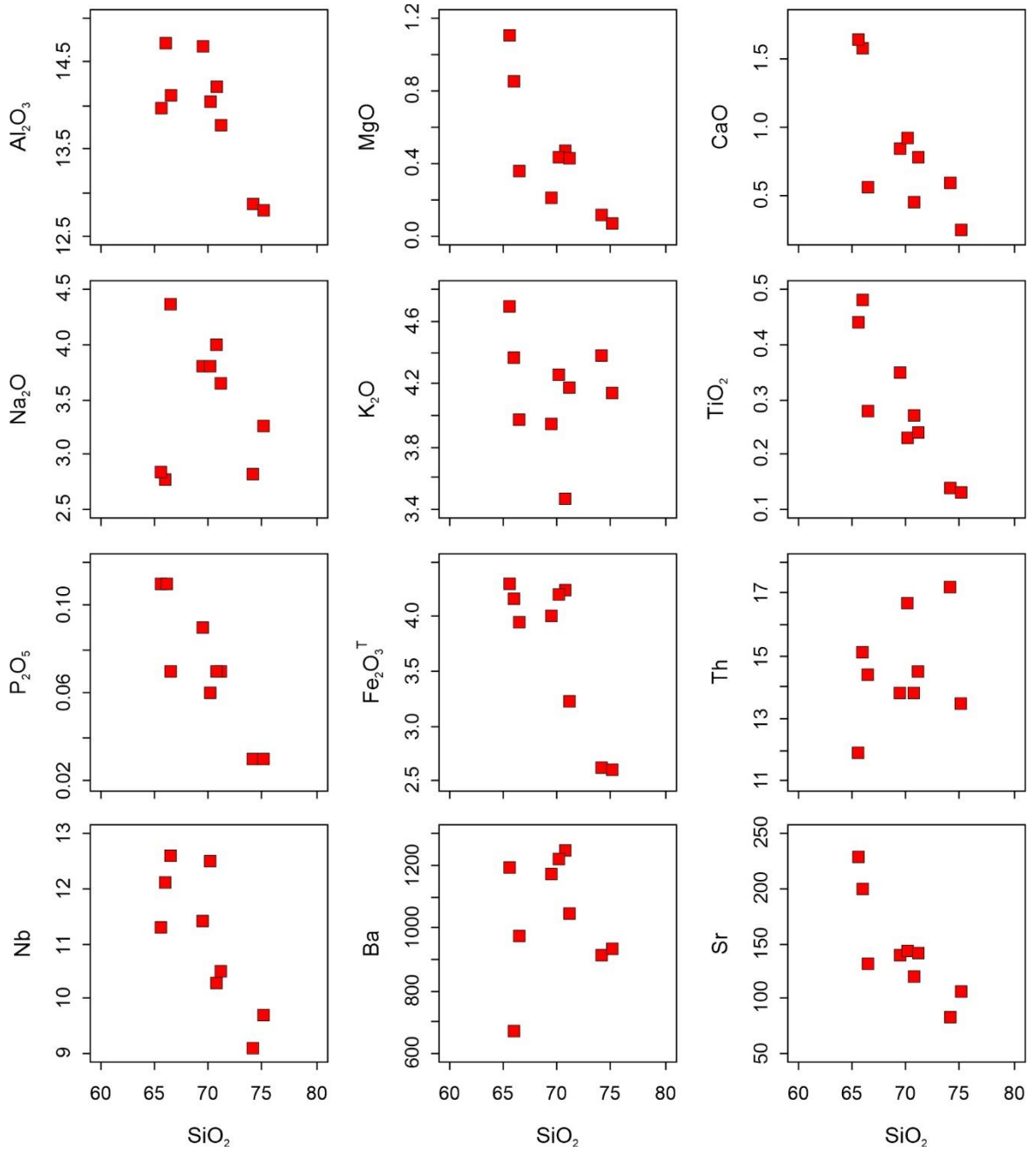
Şekil 3.11. a) Örneklerin A ve I&S tipi ayırtman diyagramı (Whalen vd., 1987). b) Molar $\text{A/CNK}[\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})]$ 'ya karşı $\text{A/NK}[(\text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})]$ (Shand, 1943)

İncelenen granitlerin SiO_2 'e karşı ana (%) ve iz (ppm) element değişim diyagramları Şekil 3.12'de verilmiştir. Nispeten geniş bir aralıkta değişen SiO_2 (%65.6-75.1) değerleri nedeniyle belirgin trendler gözlenmekte olup negatif veya pozitif dağılımlar magmadaki kristal fraksiyonlaşmasına işaret etmektedir. SiO_2 içeriklerine karşılık K_2O dışındaki ana oksitlerde belirgin negatif ilişkiler gözlenmektedir. Artan SiO_2 içeriğine karşı Al_2O_3 ve CaO değişimleri plajiyoklas; MgO içeriğindeki azalmalar biyotit ve/veya amfibol; FeO^* 'da gözlenen azalmalar ise amfibol ve/veya Fe-Ti oksit minerallerinin kristallenmesi ile ilişkilendirilebilir (Thirlwall vd., 1994). K_2O içeriklerindeki hafif ve düzensiz pozitif dağılım ise K'lu feldispat birikimi ile; Na_2O 'daki negatif yönseme ise plajiyoklasın ve kısmen de K'lu feldspatın fraksiyonel kristallenmesi ile ilişkili olabilmektedir. Benzer şekilde, SiO_2 'ye karşı TiO_2 ve P_2O_5 değerlerinin azalması titanomanyetit ve apatitin kristallenmesi ile ilişkili olduğu söylenebilir.

İz elementlerden Ba ve Sr elementlerindeki negatif yönsemeler, alkali feldspat ve plajiyoklas kristallenmesi ile bağlantılıdır (Rollinson, 1993). Sr elementinin plajiyoklas minerallerinde Ca elementinin yerini alması nedeniyle, Ca bakımından zengin plajiyoklasların fraksiyonlaşması nedeniyle negatif bir ilişki gözlenmektedir. Benzer şekilde Rb, iyonik yarıçapının K'ya yakın olması nedeni ile K'nın yerini almakta, fraksiyonel kristallenme sırasında K-feldispat, hornblend, biyotit gibi minerallerin bünyesine girebilmektedir. Biyotit mineralinin yapısına katılan Nb ve Ba elementlerinde ise yine negatif korelasyon gözlenmektedir.

Granitik kayaçların üst ve alt kabuk ile olan benzerlik ve/veya farklılıklarını ortaya koymak amacıyla çoklu iz element dağılım diyagramları hazırlanmıştır (Şekil 3.13). Bu diyagramlarda örnekler, ilksel manto (Sun ve McDonough, 1989) ve kondrite (Boynton, 1984) göre normalize edilmiştir.

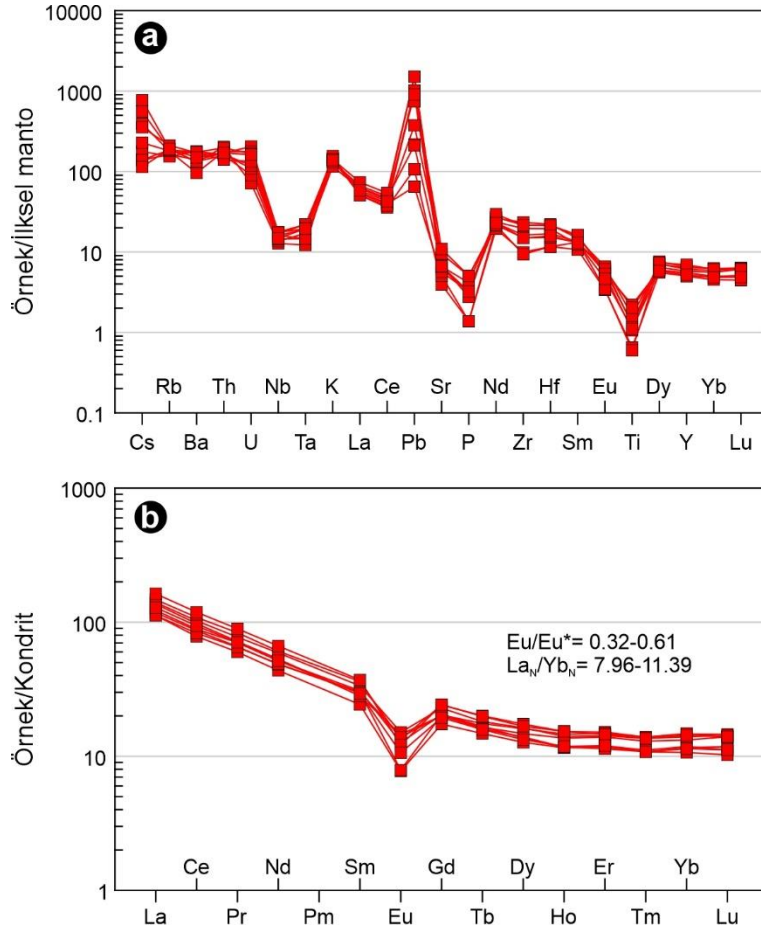
İlksel manto değerlerine oranla tüm örneklerin Nb, Ta, La, Ce, P ve Ti değerlerinde belirgin negatif, K ve Pb değerlerinde ise belirgin pozitif yönsemeler gözlenmektedir (Şekil 3.13a). Büyük İyon Yarıçaplı Elementler (BİYE; Cs, Rb, Ba, K) ve Ce, Th açısından zenginleşmeler, bazı Yüksek Çekim Alanlı Elementler (YÇAE; Ti), Nb, Ta, P açısından ise fakirleşmeler gözlenmektedir. Dy, Y, Yb ve Lu elementleri paralel bir yönseme gösterir. Cs elementinde ilksel manto ve kıtasal kabuk bileşimine göre zenginleşme daha yüksek oranda gözlenir. Th ve Ce genel olarak pozitif anomali göstermekte olup, örneklerdeki biyotit ve zirkonlarla ilişkilidir. Bu durum bu elementlerin biyotit ve zirkonlardaki dağılım katsayılarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (ör., Mahood ve Hildreth, 1983).



Şekil 3.12. Pamuktaş plütonu kayaçlarının SiO_2 (%)’e karşı ana oksit (%) ve iz element (ppm) değişim diyagramları

Genel olarak değerlendirildiğinde üst kıtasal kabuk ile uyumlu olan bu dağılım, kayaçların oluşumunda plajiyoklas, hornblend, biyotit, piroksen, apatit, zirkon ve manyetit gibi minerallerin fraksiyonlaşmasını işaret etmektedir.

Granitik kayaçların kondrite (Boynton, 1984) göre normalleştirilmiş Nadir Toprak Element (NTE) dağılım diyagramında örnekler genel olarak yukarıya doğru içbükey bir dağılım sunmaktadır (Şekil 3.13b).



Şekil 3.13. Örneklerin a) ilksel mantoya (Sun ve McDonough, 1989) ve b) Kondrite (Boynton, 1984) göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramları

Örneklerin kondrite (Boynton, 1984) göre normalleştirilmiş NTE diyagramında genel olarak yukarıya doğru içbükey bir dağılım sergilemektedir (Şekil 3.13b). Tüm örneklerde NTE bakımından zenginleşme ($La_N/Yb_N=7.96-11.39$) gözlenmektedir. Ağır nadir toprak elementler, hafif nadir toprak elementlere oranla kendi içlerinde daha az oranda zenginleşmiştir ($Gd_N/Lu_N=1.43-1.96$; $La_N/Sm_N=3.72-4.84$). Feldispat ve biyotit gibi minerallerin ayrımlaşmasına işaret eden (ör., McLennan, 1989) negatif Eu anomalisi ($Eu_N/Eu^*=0.32-0.61$) belirgin olarak gözlenmektedir.

3.4. Zirkon ve Apatit Jeotermometresi

Granitik kayaların kristallenme sıcaklıklarını ortaya koyabilmek için tüm kayaç zirkon ve apatit jeotermometresinden yararlanılmaktadır. Örneklerin zirkon ve apatit doygunluk sıcaklıkları Watson ve Harrison (1983), Boehnke vd. (2013), Harrison ve

Watson (1984) ve Pichavant vd. (1992) yöntemlerine göre tüm kayaç jeokimyasal analiz sonuçları kullanılarak hesaplanmıştır. İntrüzif magmanın maksimum veya minimum sıcaklığına ve ergiyiğin bu bileşenlerce doymuş veya doymamış olmasına bağlı olarak sıcaklık değerleri değişim gösterebilmektedir. Pamuktaş plütunu kayaçlarının zirkon doygunluk sıcaklıkları 770-844°C (Watson ve Harrison, 1983) ve 730-814°C (Boehnke vd., 2013) arasında; apatit doygunluk sıcaklıkları ise 832-888°C (Harrison ve Watson, 1984) ve 673-791°C (Bea vd., 1992) arasında hesaplanmıştır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. Pamuktaş plütunu örneklerinin tüm kayaç zirkon ve apatit jeotermometresi

Örnek No	M	Zr.sat ¹	T °C (zirkon) ²	Zr.sat ³	T °C (zirkon) ⁴	A/CNK	T °C (apatit) ⁵	T °C (apatit) ⁶
AK6	1.35	100.3	827	168.3	789	1.13	832	733
AK7	1.27	93.4	807	152.8	769	1.21	872	702
P1	1.14	83.5	774	131.2	733	1.23	835	680
P2	1.12	82.2	770	128.4	730	1.24	843	679
P3	1.16	85.5	833	135.5	803	1.27	876	673
P4	1.23	90.5	844	146.2	814	1.22	888	723
P5	1.4	104.8	790	178.8	744	1.10	867	791
P6	1.34	99.2	828	165.7	790	1.12	856	771
P7	1.27	93.6	799	153.1	759	1.15	881	771

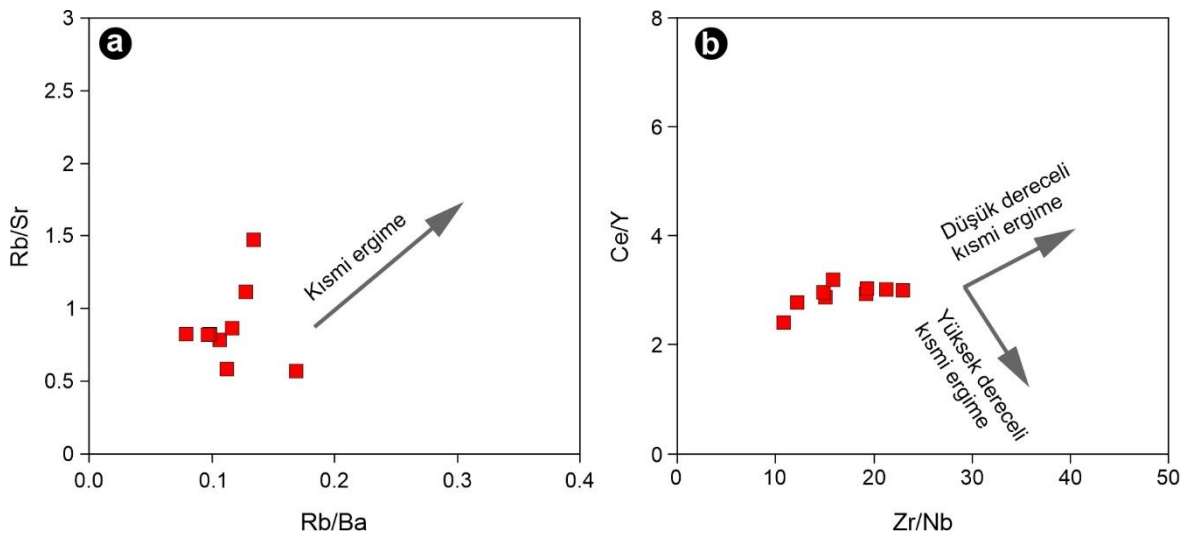
M: katyonik oran $[100 \times (\text{Na} + \text{K} + 2\text{Ca}) / (\text{Al} + \text{Si})]$. 1: zirkon saturasyonu ve 2: zirkon jeotermometresi Watson ve Harrison (1983), 3: zirkon saturasyonu ve 4: zirkon jeotermometresi Boehnke vd. (2013), 5: apatit jeotermometresi Harrison ve Watson (1984) ve 6: apatit jeotermometresi Bea vd. (1992)'e göre hesaplanmıştır.

4. TARTIŞMA

İnceleme alanında Pamuktaş plütonundan elde edilen bulgular ışığında plütonun petrolojik özellikleri ve kökeni aşağıda irdelenmiştir.

4.1. Kısmi Ergime

Kıtasal kabuğun petrolojik olarak farklılaşmasında kısmi ergime süreçleri ana mekanizmayı oluşturmaktadır. Kısmi ergime, herhangi bir kayacın sıcaklık yükselmesi, basınç ferahlaması, uçucu bileşen ilavesi vb. gibi çeşitli sebeplerle ergiyerek belli miktarda magma oluşturması olayı olarak ifade edilir. Granitoyidik kayaçların oluşumuna katkıda bulunan kısmi ergime miktarı, ilksel ergimeye uğrayan malzemenin mineralojik bileşimi, sıcaklık-basınç koşulları ve su muhtevası gibi şartlara bağlı olarak değişiklik göstere bilmektedir. Bununla birlikte, kısmi ergimeye karşı oldukça duraylı iz elementler kısmi ergime süreçlerinin belirlenmesinde önemli katkı sunmaktadır. Örneğin, Rb, Sr, Ba gibi elementlerin değişimleri kısmi ergime süreçlerinin anlaşılmasında belirteç olarak kabul edilmektedir (Patino Douce ve Johnston, 1991). Benzer şekilde Ce/Y ve Zr/Nb oranları da kısmi ergime derecesi hakkında bilgi vermektedir. Bu kapsamda incelenen kayaçların düşük dereceli kısmi ergimeyi işaret eden pozitif bir yönseme gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Pamuktaş plütonu kayaçlarının a) Rb/Sr-Rb/Ba ve b) Ce/Y-Zr/Nb diyagramları

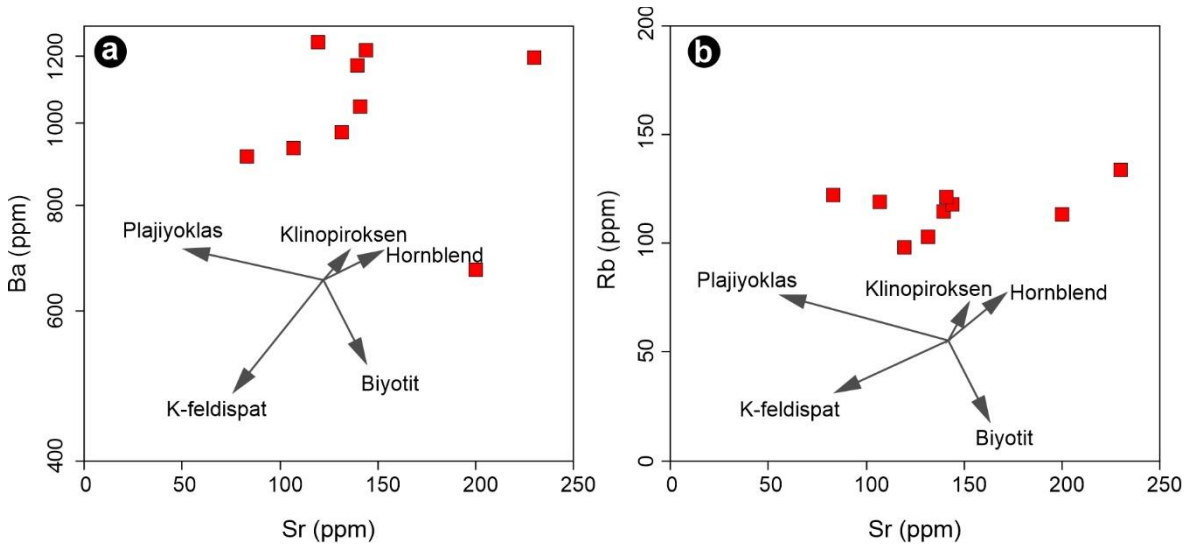
4.2. Fraksiyonel Kristallenme ve Asimilasyon (FC-AFC) Süreçleri

Magmanın soğuması ve kristallenmesi esnasında bütün silikatlar aynı anda kristallenmeyip kabaca 1500° ile 400°C arasında kademeli olarak kristallenmektedir. Soğumanın ilerleyen safhalarında yüksek sıcaklık minerallerinin bileşimine giren elemanlar bakımından fakirleşme, düşük sıcaklık minerallerinin bileşimine girecek elemanlar bakımından ise zenginleşme gözlenir. Dolayısıyla, magmadaki bu kristallenmeye fraksiyonel veya kesirli kristallenme adı verilir. Magmanın kristallenmesi karmaşık bir süreç olup birçok etkenin tesiri altında meydana gelmektedir.

Mineraloji olarak kristallenme sırası; iç içe büyümüş mineraller, aynı kayada farklı büyüklüklerde gelişmiş kristaller, minerallerin öz şekilli ve/veya öz şekilsiz gelişimi, mineraller arasında gözlenen sınır ilişkileri, eksolüsyon ürünü mineraller vb. yapısal ve dokusal özellikler ile saptanabilmektedir. Kristallenme sonucu minerallerin ortamdan ayrılması ile magmanın bileşimi de sürekli olarak değişecek ve sonuç olarak magmanın başlangıçtaki bileşiminden çok farklı bileşimde kayalar grupları oluşabilecektir. Başlangıçta bazaltik bileşimdeki bir magmadan gabro, diyorit, siyenit ve granit gibi kayaların oluşması buna örnek olarak gösterilebilir. Kayaların oluşumunda etkili bir diğer petrolojik süreç ise asimilasyon veya özümleme olup fraksiyonel kristallenmeden farklı olarak, magmanın temasta bulunduğu kayaları ergiterek bünyesine katması ve özümsemesi olayı olarak tanımlanmaktadır. Magma odasının kenarlarını oluşturan yan kayaların magma içerisine düşmüş blokları (anklav, ksenolit vb.) özümlemeye uğramaktadır.

Kayaların oluşumunda önemli rol oynayan fraksiyonel kristallenme ve asimilasyon süreçleri, bazı ana ve iz elementlerin artan ve/veya azalan yönde değişimleri ile de ortaya konabilmektedir. Örneğin, örneklerde artan SiO₂ içeriğine karşılık azalan MgO, Fe₂O₃ ve TiO₂ içerikleri (bkz. Şekil 3.12), biyotit, amfibol ve/veya Fe-Ti oksit mineralleri tarafından kontrol edildiklerini ve Pamuktaş plütunu kayalarının oluşumunda kesirli kristallenmenin baskın bir rol oynadığını göstermektedir. Benzer şekilde, artan SiO₂'ye karşı azalan TiO₂ ve P₂O₅ değerlerinin titanomanyetit ve apatitin kristallenmesi ile ilişkili olduğu söylenebilir. Yine, ağır NTE ve Y içerikleri bakımında tüketilme de zirkon fraksiyonlaşmasının bir sonucu olarak değerlendirilebilir. İz elementlerden Ba ve Sr elementlerindeki negatif yönsemeler, alkali feldspat ve plajiyoklas kristallenmesi ile bağlantılıdır (Rollinson, 1993; Şekil 4.2). Sr elementinin plajiyoklas minerallerinde Ca'un yerini alması nedeniyle, Ca bakımından zengin plajiyoklasların fraksiyonlaşması nedeniyle

negatif bir ilişki gözlenmektedir. Benzer şekilde Rb, K'nın yerini almakta ve fraksiyonel kristallenme sırasında K-feldispat, hornblend, biyotit gibi minerallerin bünyesine girebilmektedir. Biyotit mineralinin yapısına katılan Nb ve Ba elementlerinde ise yine negatif korelasyon gözlenmektedir (bkz. Şekil 3.12). Belirgin negatif Eu anomalisi (Eu_N/Eu^* : 0.32-0.62), plutonun gelişiminde K-feldispat \pm plajiyoklas fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu ifade etmektedir. Netice itibariyle, incelenen örneklerin bazı ana ve iz element değişimlerinde gözlenen korelasyonlar, bu kayaçların gelişiminde plajiyoklas + K-feldispat + hornblend \pm biyotit fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir.

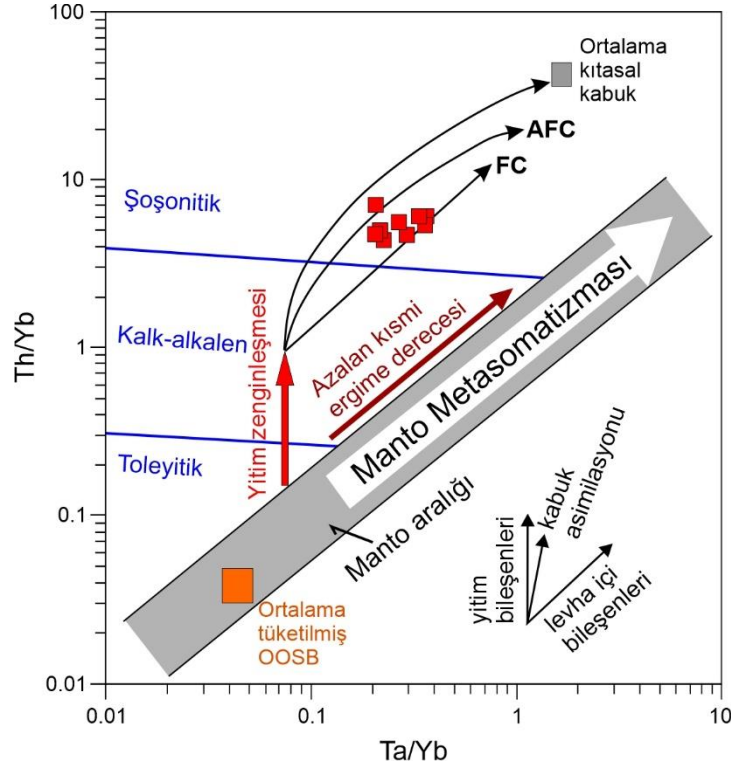


Şekil 4.2. Örneklerin mineral fraksiyonlaşma yönünü gösteren diyagramlar. a) Ba (ppm)'a karşı Sr (ppm) ve b) Rb (ppm)'a karşı Sr (ppm) diyagramları

Pamuktaş plütönu kayaçları yitim ve/veya kabuksal kirlenmeye işaret eden belirgin negatif Nb-Ta ve güçlü pozitif Pb anomalisi (Taylor ve McLennan, 1985) göstermektedir (bkz. Şekil 3.13a). Ayrıca, bazı ana ve iz element değişimlerinde gözlenen düzensiz dağılımlar granitik kayaçların gelişiminde etkili olan fraksiyonel kristallenmenin yanı sıra asimilasyon ve/veya magma karışımı olaylarının da etkili olduğunu göstermektedir. Bu durum petrografik olarak da gözlenen dengesizlik dokuları ile de desteklenmektedir.

Pamuktaş plütönu kayaçlarının gelişiminde kıtasal kabuk asimilasyonu varlığı Pearce (1983)'ın Ta/Yb - Th/Yb diyagramı ile test edilmiştir (Şekil 4.3). Örneklerin yüksek Th/Yb ve Ta/Yb oranları göstermesi nedeniyle ortalama kıtasal kabuk değerine doğru bir yönseme gösterdikleri belirlenmiştir. Bu durum örnekleri meydana getiren ana magmanın yitim bileşenlerince zenginleşmiş bir kaynaktan itibaren türediğini ve sonrasında ise fraksiyonel kristallenme (FC) ve kısmen asimilasyon (AFC) süreçleri ile geliştiğini

göstermektedir. Nitekim, tüm örneklerin manto çizgisinden sapması, örneklerin yitim etkisiyle zenginleşmiş mantodan türemiş veya yükselimi sırasında kabuk tarafından kirlenmiş magmalardan itibaren oluştuğunu işaret etmektedir. Gözlenen bu sapma kaynak bölgesinde yitimle ilgili bir metasomatizma ile açıklanabileceği gibi, manto türevli ergiyiklere önemli ölçüde kabuksal ergiyik katılımına da işaret edebilir.



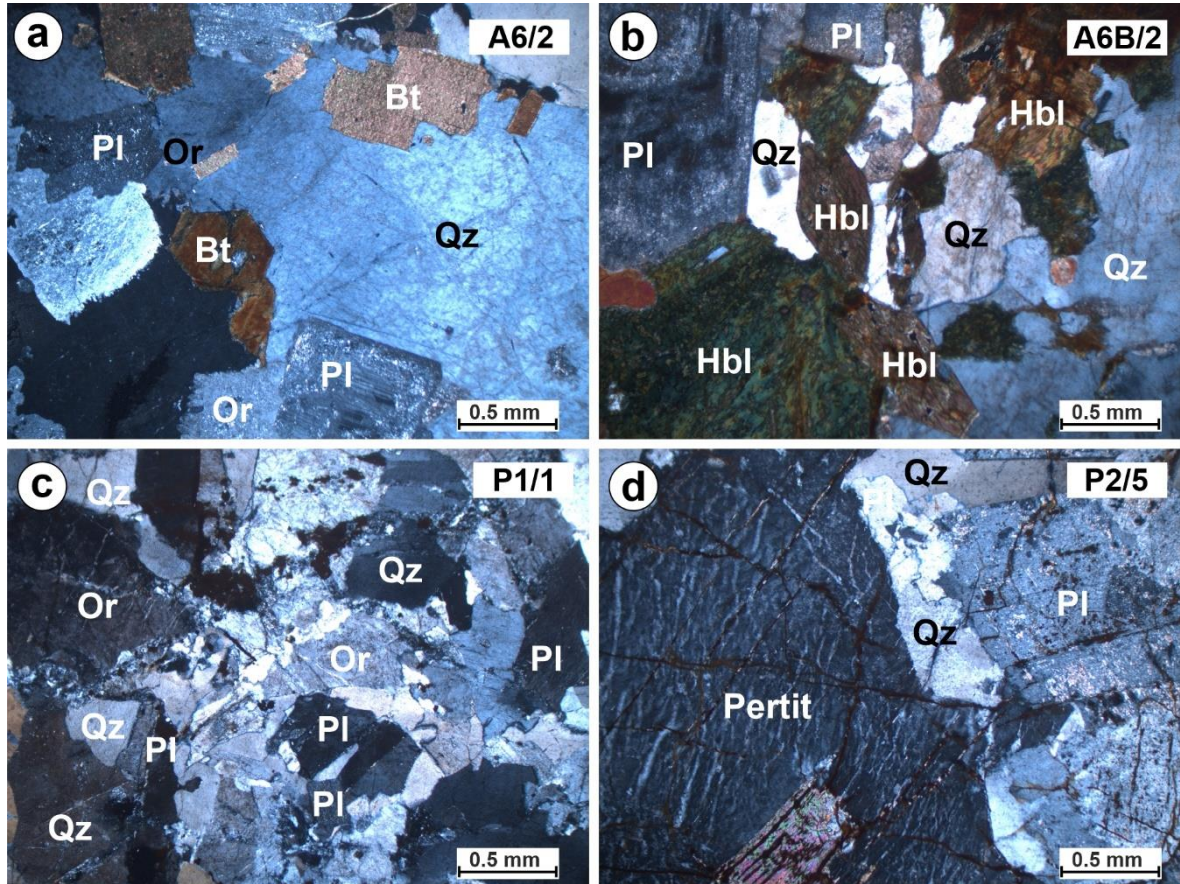
Şekil 4.3. Pamuktaş plütönu örneklerinin Th/Yb-Ta/Yb diyagramı (Pearce, 1983). FC (fraksiyonel kristallenme), AFC (asimilasyon+fraksiyonel kristallenme), yitim zenginleşmesi ve manto metazomatizması yönsemeleri Pearce vd. (1990)'den alınmıştır

4.3. Magma Karışımı

Magma karışımı olayı, birbirinden farklı mafik ve felsik bileşimdeki magmaların fiziksel ve kimyasal olarak karışımı şeklinde ifade edilmektedir. Eş yaşlı mafik ve felsik magmaların, kendi fiziksel ve kimyasal özelliklerini koruyarak heterojen bir şekilde karışmalarına magma mingling; aksi durumda fiziksel ve kimyasal özelliklerini koruyamayarak homojen bir şekilde karışmalarına ise magma mixing adı verilmektedir. Heterojen magma karışımı olarak söz edilen magma mingling, ana kayaç içerisindeki

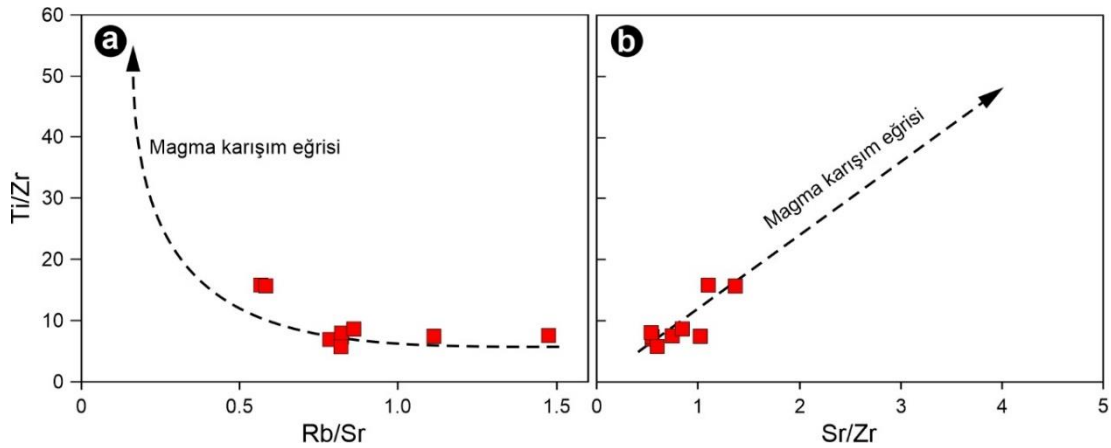
anklavların varlığı ile temsil edilirken, homojen karışım olarak bahsedilen magma mixing birbirleriyle dengede olmayan mineral toplulukları, minerallerde gözlenen karmaşık zonlanma gibi özel dokusal özelliklerle ifade edilmektedir. Magmaların viskozitesi, karışımının homojen veya heterojen olarak gelişmesindeki en önemli faktörü oluşturmaktadır (ör., Fernandez ve Barbarin, 1991; Didier ve Barbarin, 1991).

Pamuktaş plütonunu oluşturan ana magmada magma karışımını işaret en önemli veriler, ana kayaçlar içerisinde gözlenen dengesizlik dokuları olup bunlar; elek dokulu, zonlu ve salınlı zonlanma gibi dengesizlik dokuları gösteren plajiyoklaslar, iri plajiyoklas mineralleri üzerinde daha küçük plajiyoklas minerallerinin bulunması, bıçağımsı hornblendler, plajiyoklas, ortoklas ve mafik mineraller üzerinde daha küçük minerallerin oluşturmuş oldukları poiklitik dokulardır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Pamuktaş plütonunda gözlenen ve magma karışımını işaret eden dokusal özellikler. a) iri kristaller üzerinde daha küçük kristallerin oluşturdukları poiklitik doku, b) iri kristalli ve zonlu plajiyoklas minerali ve poikilitik doku, c) iri kristalli mineraller arasında gelişmiş küçük kristalli mineraller, d) iri kristalli ortoklas minerallerinde gelişmiş pertitik doku (eksolüsyon). Pl: Plajiyoklas, Qz: Kuvars, Or: Ortoklas, Hbl: Hornblend, Bt: Biyotit. Tüm görüntüler çapraz nikolde alınmıştır

İntrüzif kayaçların oluşumunda magma karışımını daha ayrıntılı açıklayabilmek için, Maia de Hollanda vd. (2003) tarafından önerilen iz element diyagramları kullanılmıştır. Bir magmatik faaliyetin gelişimi sırasında, magma karışımı süreçleri gerçekleşmiş ise, Ti/Zr oranına karşın Rb/Sr oranı diyagramında hiperbolik bir değişim, Ti/Zr-Sr/Zr diyagramında ise pozitif lineer değişim gözlenmesi gerekmektedir. Bu oranlar kullanılarak oluşturulan diyagramlarda ise örneklerin söz konusu değişimleri gösterdiği (Şekil 4.5) ve kayaçların oluşumunda magma karışımı süreçlerinin meydana gelmiş olabileceği ortaya konmuştur.



Şekil 4.5. Pamuktaş plütönüne ait örneklerin; a) Ti/Zr - Rb/Sr ve b) Ti/Zr - Sr/Zr değişim diyagramları

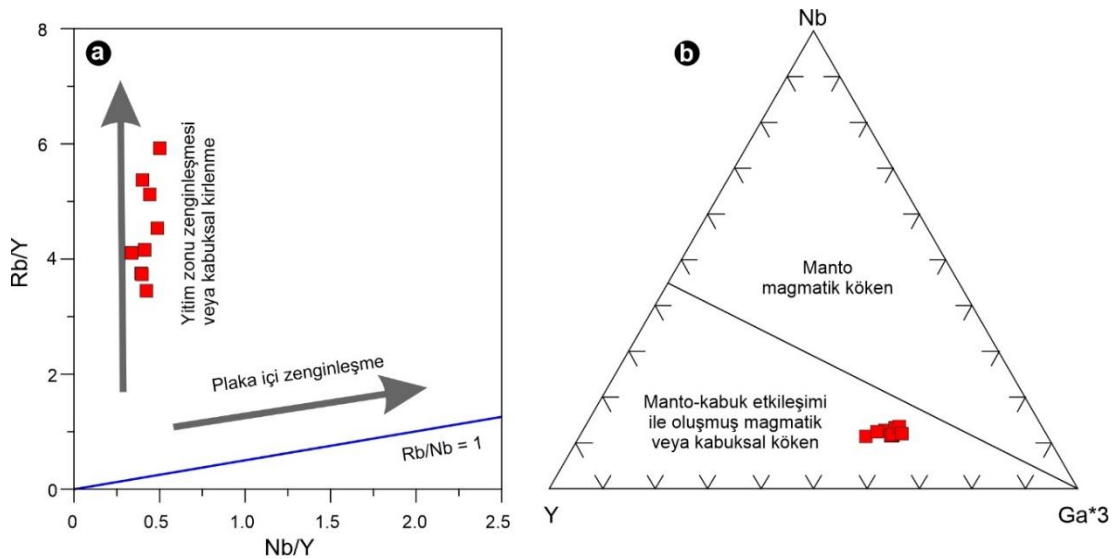
4.4. Ana Magmanın Kökeni

İntrüzif kayaçların sahip olduğu bileşimler farklı birçok petrojenetik mekanizmanın ürünü olarak meydana gelebilmektedir. Kayaçların jeokimyasal karakteristikleri, oluşumunda hangi mekanizmanın etkin olduğu hakkında bilgi verebilmektedir. Granitik magmaların kökenine ilişkin farklı petrojenetik oluşum mekanizmaları önerilmiş olup bunlar genel olarak; (i) manto kökenli bazik magmalardan itibaren fraksiyonel kristallenme ile (ör., Li vd., 2009), (ii) mafik-ortaç kabuk kayaçlarının kısmi ergimesiyle (Roberts ve Clemens, 1993), (iii) manto ve kabuk kökenli mafik ve felsik magmaların karışımıyla (Ackerman vd., 2010) oluşabilmektedir.

Pamuktaş plütönü örneklerinin silika içerikleri nispeten geniş aralıkla ($\text{SiO}_2 = \%66-75$) değişmektedir. Ancak Mg# değerleri 5 ile 31 arasında, yani oldukça düşük ve geniş bir aralıkta dağılım sergilemektedir. Bu değerler ilksel bir manto ergiyiği ile uyumsuz olup kayaçların bir manto kaynağının veya mafik-ortaç alt kabuğun kısmi ergimesinden (ör.,

Grove ve Donnelly-Nolan, 1986; Bacon and Druitt, 1988; Roberts and Clemens, 1993; Şen ve Dunn, 1994) ya da alt kabuk ve manto türevli felsik ve mafik magmaların karışımı sonucu, kontaminasyona uğrayarak veya uğramadan, fraksiyonel kristallenme ile (Barbarin, 1999; Chen vd., 2003; Karslı vd., 2007; Yang vd., 2007) oluşmuş olabileceğini düşündürmektedir.

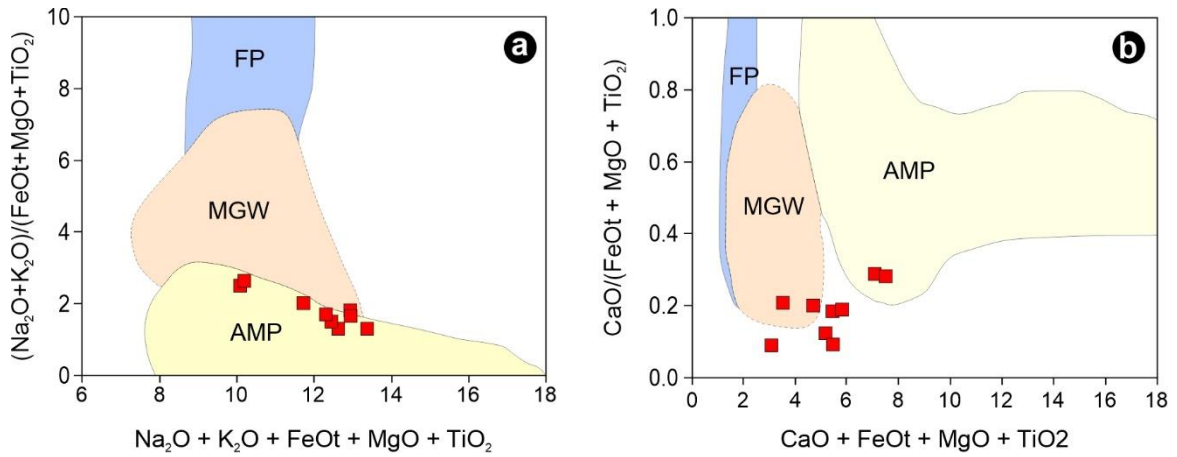
Y/Nb oranları ile kabuk ($Y/Nb > 1.2$) ve manto ($Y/Nb < 1.2$) kökenli granitoidler birbirinden ayrılabilir (Eby, 1992). Pamuktaş plütönu örneklerinin Y/Nb oranları 1.2 ile 3.0 arasında değişmekte olup hem kabuk hem de manto kökenini işaret etmektedir. Benzer şekilde, ortalama Nb/Ta oranları mantodan türeyen magma için 17.5 ve kabuktan türeyen magma için de 11-12 arasındadır (Green, 1995). Pamuktaş plütönuna ait örneklerin Nb/Ta oranları 11.3-19.0 arasında olup kabuk-manto kökeni göstermektedir. Örnekler çoğunlukla dar bir aralıkta değişen Nb/Y oranlarıyla (0.33-0.85) nispeten yitim zenginleşmesi yönsemesi göstermektedir (Şekil 4.6a). Ayrıca, Eby (1992)'nin Nb-Y-Ga*3 üçgen diyagramına göre manto-kabuk etkileşimi ile oluşmuş magmatik veya kabuksal kökenli alanda yer aldıkları belirlenmiştir (Şekil 4.6b).



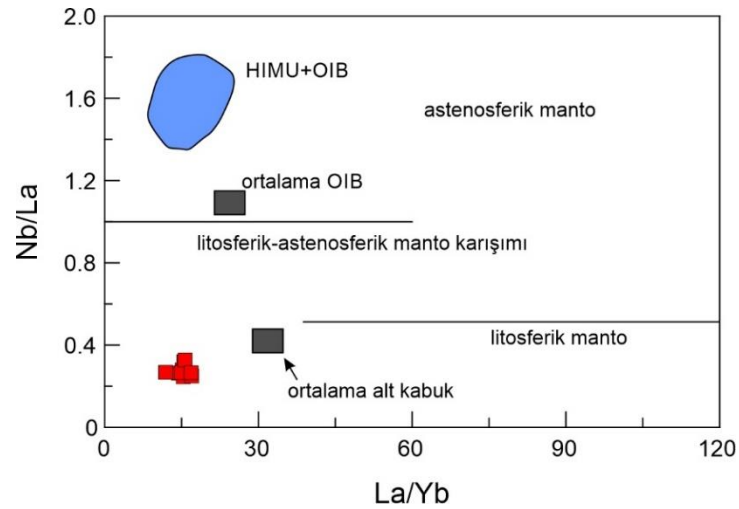
Şekil 4.6. Pamuktaş plütönu örneklerinin a) Rb/Y-Nb/Y ve b) Nb-Y-Ga*3 (Eby, 1992) diyagramları

Yüksek-K'lu kalk-alkalen granitoid kayaçlar üzerine yapılan deneysel çalışmalar, bu kayaçların farklı kabuksal kayaçların kısmi ergimesinden türeyebileceğini göstermiştir (ör., Roberts ve Clemens, 1993). Farklı türde kıtasal kabuk kayaçlarının, değişik ergime koşulları altında, kısmi ergimeler ile meydana gelmiş olan magmaların bileşimsel

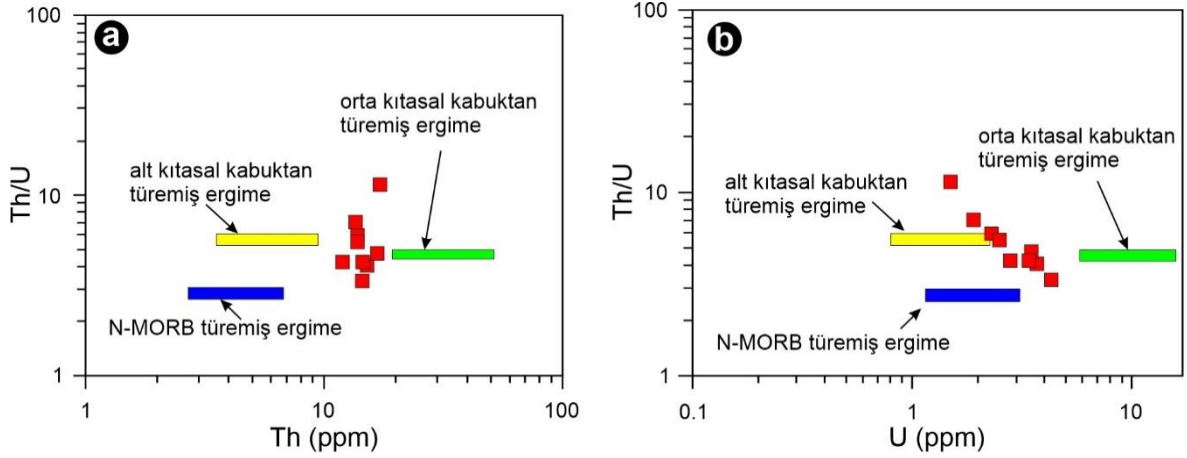
farklılıkları, ana oksit veya molar oranları esas alınarak açıklanabilmektedir (Patiño Douce, 1999). İncelenen örneklerin genel olarak amfibolit-metagrovaklardan türeyen ergime alanında yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 4.7). Örneklerin Nb/La'ya karşı La/Yb diyagramında (Şekil 4.8) örneklerin ortalama alt kabuk bileşimine benzer olduğu ve litosferik manto bileşimine karşılık geldiği; Th/U'ya karşı Th ve U diyagramlarında ise (Şekil 4.9) orta-alt kıtasal kabuktan türemiş ergimenin ürünleri olduğu ortaya konmuştur.



Şekil 4.7. Pamulaş plütunu örneklerinin bazı ana oksit oranlarına göre kökensel ayırım diyagramları. MGW: metagrovak, FP: felsik pelit, AMP: amfibolit. Veri kaynak alanları Patiño Douce (1999)'dan alınmıştır



Şekil 4.8. Nb/La'a karşı La/Yb diyagramı (ortalama OIB değerleri Fitton vd. (1991)'den, ortalama alt kabuk değerleri Chen ve Arculus (1995)'den, HIMU+OIB alanları Weaver vd., (1987)'den, astenosferik, litosferik ve karışım manto alanlarını ayıran çizgi Smith vd., (1999)'dan alınmıştır



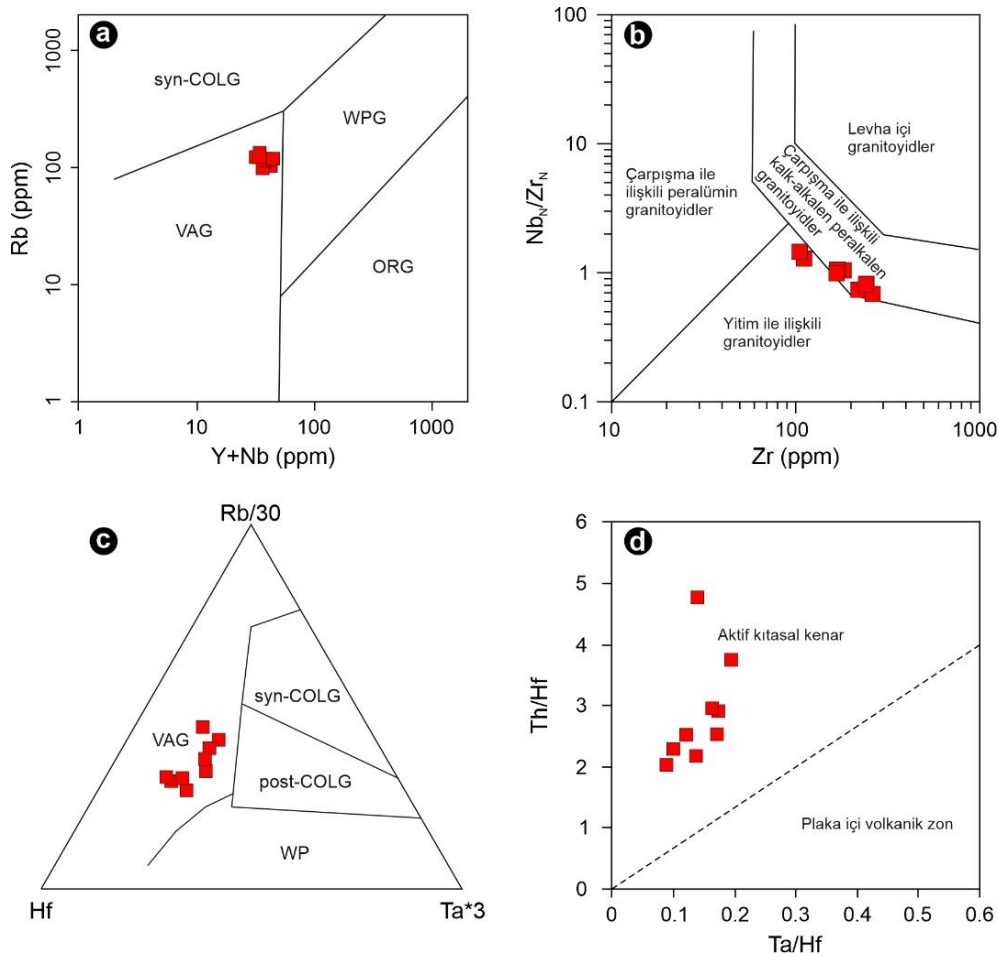
Şekil 4.9. Pamuktaş plütönu örneklerinin a) Th/U'ya karşı Th (ppm) ve b) Th/U'ya karşı U (ppm) diyagramları. Alt ve orta kıtasal kabuk değerleri Rudnick ve Gao (2004)'dan alınmıştır

İncelenen örneklerin ilksel mantoya normalize edilmiş çoklu iz element değişim diyagramındaki negatif Nb, Ta ve TiO_2 anomalileri ve Rb, Th, K_2O , Sr, Ce ve La zenginleşmeleri ile yüksek BİYE/YÇAE oranları, Pamuktaş plütönu kayaçlarını oluşturan ana magmanın yitimle ilişkili farklı derecedeki akışkan ve ergiyik zenginleşmesi veya kabuk magma odalarındaki farklı ayrımlaşma ve asimilasyon yolları ile açıklanabilir. Bununla birlikte, örneklerin kondrite normalize edilmiş NTE diyagramında gözlenen zenginleşmeler ($\text{La}_\text{N}/\text{Yb}_\text{N}=6.35-11.39$; $\text{Gd}_\text{N}/\text{Lu}_\text{N}=1.43-1.96$; $\text{La}_\text{N}/\text{Sm}_\text{N}=2.75-4.84$), Pamuktaş plütönünün ana magmasının alt kıtasal kabuk ve zenginleşmiş litosferik manto ergiyiklerinden türediğini ve kıtasal magma odasında farklılaşarak yerleştiğini göstermektedir.

4.5. Tektonik Konum

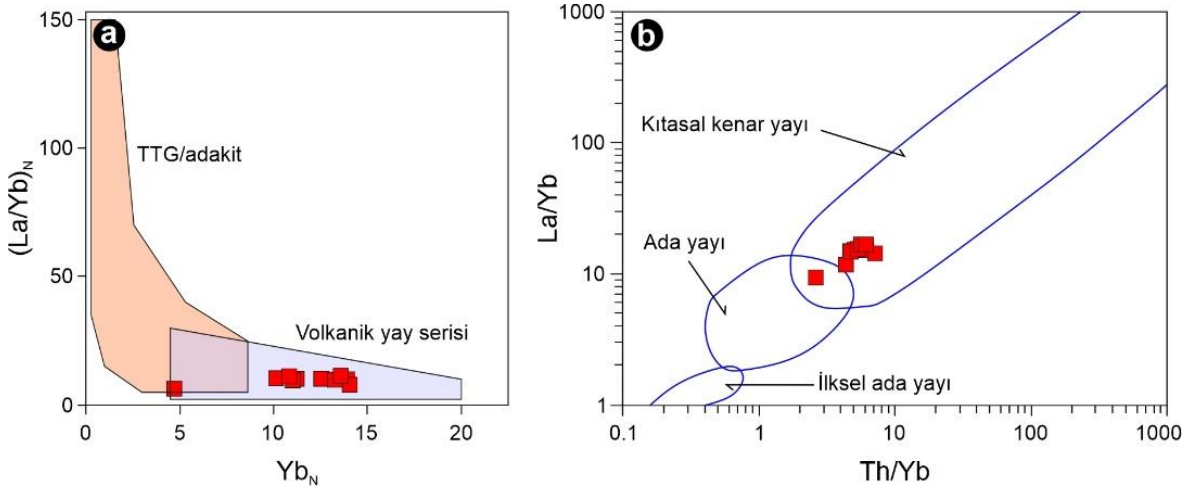
Pamuktaş plütönu kayaçlarının oluşum ortamlarını ve tektono-magmatik özelliklerini belirleyebilmek amacıyla bazı ayırtman diyagramları kullanılmıştır. Pearce vd. (1984) tarafından önerilen ve Rb (ppm)'a karşı Y+Nb (ppm) değerlerinin kullanıldığı tektonik diyagramda tüm örneklerin volkanik yay granitleri (VAG) alanına düştüğü görülmektedir (Şekil 4.10a). Benzer durum Harris vd. (1986) tarafından önerilen $\text{Rb}/30\text{-Hf-Ta} \times 3$ üçgen diyagramda da gözlenmekte olup tüm örneklerin VAG alanında yer aldığı görülmektedir (Şekil 4.10c). Ayrıca, plütöna ait granitik kayaçların Thiéblemont ve Téguy (1994)'in Zr (ppm)'a karşı $\text{Nb}_\text{N}/\text{Zr}_\text{N}$ diyagramında büyük bir çoğunlukla “çarpmışma ile ilişkili kalk-

alkalen-peralkalen granitoidler” alanında yer aldığı, iki örneğin ise yitimle ilişkili granitoidler alanında dağılım gösterdiği ortaya konmuştur (Şekil 4.10b). Schandl ve Gorton (2002) tarafından önerilen Th/Hf-Ta/Hf diyagramında örnekler aktif kıtasal kenar ortamını yansıtmaktadır (Şekil 4.10d). Magmatik, metamorfik ve sedimanter kayaçlarda elementlerin konsantrasyonları geniş aralıklarda değişmesine rağmen, Th/Hf oranlarının çok az değişiklik gösterdiği bilinmektedir (ör., McLennan ve Taylor, 1984).



Şekil 4.10. a) Rb (ppm)-Y+Nb (ppm) (Pearce vd., 1984), b) Zr (ppm) - Nb_N/Zr_N (Thiéblemont ve Téguy, 1994), c) Rb/30-Hf-Ta*3 (Harris vd., 1986) ve d) Th/Hf-Ta/Hf (Schandl ve Gorton, 2002) diyagramları. syn-COLG: çarpışma ile eş yaşlı granitler, post-COLG: çarpışma sonrası granitleri, VAG: volkanik yay granitleri, WPG: levha-içi granitleri, ORG: okyanus sırtı granitleri. Nb/Zr oranları Hofmann (1988)'in ilksel manto değerine (Nb: 0.6175, Zr: 9.714) göre normalize edilmiştir

Pamuktaş plütönu kayaçlarının Martin (1986)'nın adakit ve normal yay serisi kayaçları ayırtman diyagramında (Şekil 4.11a) normal volkanik yay serisi alanında yer aldığı ve adakitik özellik göstermediği, Batchelor ve Bowden (1985) tarafından önerilen La/Yb-Th/Yb diyagramında ise kıtasal kenar yayı alanında yer aldıkları gözlenmektedir (Şekil 4.11b). Bu veriler ışığında, granitik kayaçların tektonik olarak çarpışma sonrası oluştuğu ve volkanik yay ile ilişkili olduğu söylenebilir.



Şekil 4.11. Pamuktaş plütönu kayaçlarının a) TTG/adakit ve volkanik yay serisi ayırtman diyagramı (Martin, 1986), b) La/Yb'e karşı Th/Yb diyagramı (Batchelor ve Bowden, 1985). TTG: Tonalit-trondhjemit-granodiyorit

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Pamutaş (Bayburt, KD Türkiye) ve civarında yüzeyleme veren granitik kayaçların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal veriler ışığında petrolojik karakteristikleri ortaya konmuş ve elde edilen sonuçlar ana hatları ile aşağıda özetlenmiştir.

1. Karbonifer yaşlı Pamuktaş Plütunu çalışma alanında Jura öncesi temeli temsil etmekte olup Erken-Orta Jura yaşlı volkanoklastik ve volkanik kayaçlar ile Geç Jura – Erken Kretase kireçtaşları tarafından uyumsuz olarak örtülmekte ve yaklaşık 5 km²'lik bir alanda yayılım göstermektedir. Yapılan çalışmalar kapsamında inceleme alanında yüzeyleme veren litostratigrafi birimleri yaşlıdan gence doğru Pamuktaş Plütunu (Orta-Geç Karbonifer), Şenköy Formasyonu (Erken-Orta Jura), Hozbirikyayla Formasyonu (Geç Jura-Erken Kretase), Çatıksı Formasyonu (Geç Kretase), Sıraşlar Formasyonu (Erken-Orta Eosen), Yazyurdu Formasyonu (Erken-Orta Eosen), Alüvyon (Kuvaterner) olarak ayırt edilmiştir.
2. Orta-Geç Karbonifer yaşlı Pamuktaş plütunu tek bir bileşimden oluşmayıp başlıca granit ve aplitik granit, granodiyorit ve kuvarslı mikrodiorit türü kayaçlardan meydana gelmiştir.
3. Kayaçların ana minerallerini açık renkli minerallerden kuvars, plajiyoklas ve ortoklas, ferromagnezyen minerallerden ise biyotit ve hornblend meydana getirmektedir. Bazı örneklerde opak mineraller, ikincil muskovit mineralleri ile alterasyon ürünü olan kloritleşme, serizitleşme, killeşme, karbonatlaşma ve silisleşmeler de izlenebilmektedir.
4. Granitik kayaçlar peralümin karakterli, yüksek K'lu kalk-alkali ve şoşonitik bir afiniteye sahip olup I-tipi bir kaynaktan itibaren türemiştir. Kayaçların oluşumunda fraksiyonel (kesirli) kristallenme ve asimilasyon süreçleri etkili olmuş olup plajiyoklas, hornblend, biyotit, piroksen, apatit, zirkon ve manyetit gibi minerallerin fraksiyonlaşmasını işaret etmektedir.
5. Farklı yöntemlere göre hesaplanan zirkon doygunluk sıcaklıkları 730-844°C arasında, apatit doygunluk sıcaklıkları ise 673-888°C arasında bulunmuştur.

6. Bazı ana ve iz element değişimlerinde gözlenen korelasyonlar incelenen kayaların düşük dereceli kısmi ergimeye uğradığını ve granitlerin gelişiminde plajiyoklas + K-feldispat + hornblend \pm biyotit fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir.
7. Kayaların yitim etkisiyle zenginleşmiş mantodan türemiş veya yükselimi sırasında kabuk tarafından kirlenmiş magmalardan itibaren oluştuğunu işaret eden veriler elde edilmiştir.
8. Kayalarda tespit edilen gerek dokusal gerekse bazı iz element değişimleri kayaların oluşumunda magma karışımı süreçlerinin meydana gelmiş olabileceği göstermiştir.
9. Kayaların genel olarak amfibolit-metagrovaklardan türeyen I tipi karışımı bir ana magmadan itibaren oluştuğu ve orta-alt kıtasal kabuktan türemiş ergimenin ürünleri olduğu ortaya konmuştur. Elde edilen bulgular Pamuktaş plütununun ana magmasının alt kıtasal kabuk ve zenginleşmiş litosferik manto ergiyiklerinden kısmi ergime sonucu türediğini ve kıtasal magma odasında farklılaşarak yerleştiğini göstermektedir.
10. Pamuktaş plütonu kayaları tektono-magmatik özellikleri bakımından volkanik yay granitlerine (VAG) benzerlik gösterdiği ve “çarpışma ile ilişkili kalk-alkalen-peralkalen granitoidler” karakteri sergilediği belirlenmiştir. Pamuktaş plütonu kayaları adakitik özellik göstermeyip normal volkanik yay serisi özelliğini yansıtmaktadır. Bu veriler ışığında, granitik kayaların tektonik olarak çarpışma sonrası oluştuğu ve volkanik yay ile ilişkili olduğu söylenebilir.
11. Pamuktaş plütonu kayalarında daha önce herhangi bir yaş tayini yapılmamıştır. Bununla birlikte, zirkon U-Pb jeokronolojisi ve Sr-Nd-Pb-Hf kökensel izotop çalışmalarının yapılması, bölgenin tektonomagmatik gelişiminin anlaşılmasında çok önemli katkılar koyacaktır. Dolayısıyla, bu çalışmanın bir sonraki ayağının radyojenik izotop çalışmaların oluşturması ve birimin kristallenme/yerleşim yaşı ortaya çıkarılması önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Ackerman, L., Krňanská, M., Siebel, W. ve Strnad, L. 2010. Geochemistry of the Drahotín and Mutěňín intrusions, West Bohemian shear zone, Bohemian massif: contrasting evolution of mantle-derived melts. Mineralogy and Petrology, 99, 185-199.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi. Doktora tezi, İ.Ü., Fen Fakültesi, İstanbul, 56s.
- Akın, H. 1979. Geologie Magmatismus und Lagerstaettenbildung im ostpontischen GebirgeTürkei aus der Sicht der Plattentektonik. Geologische Rundschau, 68, 253-283.
- Akıncı, Ö.T., 1984. The Eastern Pontide volcano-sedimentary belt and associated massive sulphide deposits. In: J.E. Dixon and A.H.F. Robertson (eds.), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. Geological Society, London, Special Publications, 17, 415-428.
- Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H.P. ve Satır, M., 2008. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic characteristics of Paleocene plagioclitites from the Eastern Pontides (NE Turkey). Lithos, 105, 149-161.
- Arslan, M., Arslan, Z. ve Dokuz, A., 2005. Bayburt tüflerinin petrografik, petrokimyasal ve petrolojik özellikleri: Doğu Pontid Güney Zonu'nda Eosen kalkalkalen felsik volkanizması. SÜ Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20 (1), 49-67.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H., 1997. Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide Volcanic Rocks, Northeast Turkey. Chemie der Erde-Geochemistry, 57, 157-187.
- Aydın, F., 2014. Geochronology, Geochemistry and Petrogenesis of the Maçka Subvolcanic Intrusions: Implications for the late Cretaceous Magmatic and Geodynamic Evolution of the Eastern Part of the Sakarya Zone, Northeastern Turkey. International Geology Review, 56 (10), 1246-1275.
- Aydınçakır, E. ve Kaygusuz, A., 2012. Geç Kretase Yaşlı Dağbaşı (Araklı, Trabzon) Volkanitlerinin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, KD Türkiye. Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2 (2), 123-142.
- Aydınçakır, E., 2016. Subduction-related Late Cretaceous high-K volcanism in the Central Pontides orogenic belt: Constraints on geodynamic implications. Geodinamica Acta, 28 (4), 379-411.
- Bacon, C.R. ve Druitt, T.H., 1988. Compositional Evolution of the Zoned Calc-Alkaline Magma Chamber of Mount Mazama, Crater Lake, Oregon. Contribution to Mineralogy and Petrology, 98, 224-256.

- Barbarin, B., 1999. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. Lithos, 46, 605-626.
- Barker, F., 1979. Trondhjemite: Definition, Environment and Hypotheses of Origin. In: Barker, F. (Ed.), Trondhjemites. Dacites and Related Rocks. Amsterdam, Elsevier, 1-12.
- Batchelor, R. A. ve Bowden, P., 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rocks series using multicationic parameters. Chemical Geology, 48, 43-55.
- Baykal, F., 1952. Kelkit-Şiran Bölgesinde Jeolojik Araştırmalar. MTA raporu 2205, Ankara.
- Bea, F., Fershtater, G.B. ve Corretge, L.G., 1992. The geochemistry of phosphorus in granite rocks and the effects of aluminium. Lithos, 29, 43-56.
- Bektaş, O. ve Gedik, İ. 1988. A new formation with leucitebearing shoshonitic volcanism in the Kop area (Everekhanları Formation) and its relationship with the evolution of the eastern Pontide arc, NE, Turkey. Geological Society of Turkey Bulletin, 31, 11-19.
- Bektaş, O., 1984. Doğu Pontidlerde Üst Kretase yaşlı şoşonitik volkanizma ve jeotektonik önemi. Karadeniz Üniversitesi Dergisi, 3, 53-62.
- Bektaş, O., Pelin, S. ve Korkmaz, S., 1984. Doğu Pontid yay gerisi havzasında manto yükselimi ve polijenetik ofiyolit olgusu. Türkiye Jeoloji Kurumu, Ketin Sempozyumu, 175-189.
- Bergougnan, H., 1987. Etudes Geologiques dans L'est Anatolien: Mem. des Sci. De la Terre. Universite Pierre, et Marie Curie, Paris, p. 606 (These de Doctorat D'etat).
- Boehnke, P., Watson, E.B., Trail, D., Harrison, T.M. ve Schmitt, A.K., 2013. Zircon saturation re-revisited. Chemical Geology, 351, 324-334.
- Boynton, W.V., 1984. Cosmochemistry of the Rare Earth Elements; Meteorite Studies. In: Rare Earth Element Geochemistry. Henderson, P. (Eds), Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam. 63-114.
- Boztuğ, D. ve Oltu, N., 2001. Granitoidlerin Ana - Eser Element ve REE Jeokimyası Karakteristikleri. Magmatik Petrojenez Tübitak Lisans Üstü Yaz Okulu, pp.139-158, Ankara.
- Boztuğ, D., Erçin, A.İ., Kuruçelik, M.K., Göç, D., Kömür, İ. ve İskenderoğlu, A., 2006. Geochemical characteristics of the composite Kaçkar batholith generated in a Neo-Tethyan convergence system, Eastern Pontides, Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 27, 286-302.
- Burşuk, A., 1973. Bayburt Yöresinin Mikropaleontolojik ve Stratigrafik İrdelemesi, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Ens., İstanbul, 196 s.

- Chen, B., Jahn, B.M. ve Zhai, M.G., 2003. Sr-Nd Isotopic Characteristics of the Mesozoic Magmatism in the Taihang-Yanshan Orogen, North China Craton, and Implications for Archean Lithosphere Thinning. Journal of the Geological Society London, 160, 963-970.
- Chen, W. ve Arculus, R.J., 1995. Geochemical and isotopic characteristics of lower crustal xenoliths, San Francisco Volcanic Field, Arizona, USA. Lithos, 110, 99-119.
- Çiftçi, M., 2017. Çakırbağ (Bayburt) Granitoyidi'nin petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, 98s.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Granitik Plütonlarının Mukayeseli Petrolojik ve Jeokronometrik Etüdü. Doçentlik Tezi, İÜ Maden Mühendisliği, İstanbul, 186s.
- Didier, J. ve Barbarin, B., 1991. Enclaves and granite petrology. Developments in petrology, vol 13. Elsevier, Amsterdam.
- Dokuz, A., 2011. A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides: The Köse composite Pluton. Gondwana Research, 19, 926-944.
- Dokuz, A. ve Tanyolu, E., 2006. Geochemical Constraints on the Provenance, Mineral Sorting and Subaerial Weathering of Lower Jurassic and Upper Cretaceous Clastic Rocks from the Eastern Pontides, Yusufeli (Arvin), NE Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 15, 181-209.
- Dokuz, A., 2000. Yusufeli yöresinin jeolojisi, jeotektoniği, magmatik-metamorfik kayaların jeokimyası ve petrojenezi. Doktora Tezi, KTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 327s.
- Dokuz, A., Tanyolu, E. ve Genç, S., 2006. A mantle- and a lower crust-derived bimodal suite in the Yusufeli (Artvin) area, NE Turkey: trace element and REE evidence for subduction-related rift origin of Early Jurassic Demirkent intrusive complex. International Journal of Earth Sciences, 95, 370-394.
- Eby, G.N. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications. Geology, 20, 641-644.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikro fasiyes incelemesi Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Eyüboğlu Y., Dudas, F.O., Thorkelson, D., Zhu, D.C., Liu, Z., Chatterjee, N., Yi, K. ve Santosh, M., 2017. Eocene Granitoids of Northern Turkey: Polybaric magmatism in an evolving arc-slab window system. Gondwana Research, 50, 311-345.
- Eyüboğlu, Y., 2010. Late Cretaceous high-K volcanism in the eastern Pontide orogenic belt, and its implications for the geodynamic evolution of NE Turkey. International Geology Review, 52 (2/3), 142-186.

- Fernandez, A. N. ve Barbarin, B., 1991. Relative Rheology of Coeval Mafic and Felsik Magmas: Nature of Resulting Interaction Processes. Shape and Mineral Fabric of Mafic Microgranular Enclaves. In: Didier, J. and Barbarin, B. (eds.) Enclaves and Granite Petrology, Development in Petrology, Elsevier, 263-275.
- Fitton, J.G., James, D. ve Leeman, W.P., 1991. Basic magmatism associated with Late Cenozoic extension in the western United States: compositional variations in space and time. Journal of Geophysical Research, 96, 13693-13712.
- Gedik, A., Ercan, T., Korkmaz, S. ve Karataş, S., 1992. Rize-Fındıklı-Çamlıhemşin arasında (Doğu Karadeniz) yer alan magmatik kayaçların petrolojisi ve Doğu Pontitlerdeki bölgesel yayılımları. Geological Bulletin of Turkey, 35, 15-38.
- Göncüoğlu, M.C., 2010. Türkiye Jeolojisine Giriş: Alpin ve Alpin Öncesi Tektonik Birliklerin Jeodinamik Evrimi. MTA Gen. Müd. Monografi Serisi No: 5, 69 s., Ankara.
- Green, T.H., 1995. Significance of Nb/Ta as an indicator of geochemical processes in the crust-mantle system. Chemical Geology, 120, 347-359.
- Grove, T.L. ve Donnelly-Nolan, J.M., 1986. The Evolution of Young Silicic Lavas at Medicine Lake Volcano, California: Implications for the Origin of Compositional Gaps in Calc-Alkaline Series Lavas. Contributions to Mineralogy and Petrology, 92, 281-302.
- Gülmez, F. ve Genc, S.C., 2015. Amasya Civarı Geç Kretase Yaşlı Ultrapotasik Volkaniklerinde Farklılaşma Süreçleri. Maden Teknik Arama Dergisi, 151, 153-172.
- Güloğlu, Z.S., 2017. Arslandede (Bayburt) Granitoidi ve içindeki mafik magmatik anklavların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, 103 s.
- Güven, İ.H., 1993. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/25.000 ölçekli jeolojisi ve komplikasyonu. MTA, Ankara.
- Harris, N.B.W., Pearce, J.A. ve Tindle, A.G. 1986. Geochemical characteristics of collision- zone magmatism. In: Coward M.P, Ries A.C. (eds.), Collision Tectonics. Geological Society of London Special Publication, 19, 67-81.
- Harrison, T.M. ve Watson, E.B., 1984. The behavior of apatite during crustal anatexis: Equilibrium and kinetic considerations. Geochimica et Cosmochimica Acta, 48, 1467-1477.
- Hastie, A. R., Kerr, A. C., Pearce, J. A. ve Mitchell, S. F., 2007. Classification of altered volcanic island arc rocks using immobile trace elements: development of the Th Co discrimination diagram. Journal of Petrology 48, 2341-2357.
- Hofmann, A. W., 1988. Chemical differentiation of the Earth. The relationship between mantle, continental crust and oceanic crust. Earth and Planetary Science Letters, 90, 297-314.

- Kandemir, R. ve Yılmaz, C., 2009. Lithostratigraphy, Facies and Deposition Environment of the Lower Jurassic Ammonitico Rosso Type Sediments (ARTS) in the Gumushane Area, NE Turkey: Implications for the Opening of the Northern Branch of the Neo-Tethys Ocean. Journal of Asian Earth Sciences, 34, 586-598.
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane ve yakın yörelerindeki Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu'nun çökel özellikleri ve birikim koşulları. Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 293s.
- Karslı, O., Chen, B., Aydın, F. ve Şen, C., 2007. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sariçiçek Plutons, Eastern Turkey: Implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granitoids in a post-collision extensional setting. Lithos, 98, 67-96.
- Karslı, O., Aydın, F., Uysal, I., Dokuz, A., Kumral, M., Kandemir, R., Budakoglu, M. ve Ketenci, M., 2018. Latest Cretaceous "A2-type" granites in the Sakarya Zone, NE Turkey: Partial melting of mafic lower crust in response to roll-back of Neo-Tethyan oceanic lithosphere. Lithos, 302-303, 312-328.
- Karslı, O., Dokuz, A. ve Kandemir, R., 2016. Subduction-related Late Carboniferous to Early Permian Magmatism in the Eastern Pontides, the Camlik and Casurluk plutons: Insights from geochemistry, whole-rock Sr-Nd and in situ zircon Lu-Hf isotopes, and U-Pb geochronology. Lithos, 266, 98-114.
- Karslı, O., Dokuz, A. ve Kandemir, R., 2017. Zircon Lu-Hf isotope systematics and U-Pb geochronology, whole-rock Sr-Nd isotopes and geochemistry of the early Jurassic Gokcedere pluton, Sakarya Zone-NE Turkey: a magmatic response to roll-back of the Paleo-Tethyan oceanic lithosphere. Contributions to Mineralogy and Petrology, 172, 31.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E., 2009. Mineralogy, Whole-Rock and Sr-Nd isotope geochemistry of mafic microgranular enclaves in Cretaceous Dağbaşı Granitoids, Eastern Pontides, NE Turkey: Evidence of magma mixing, mingling and chemical equilibration. Chemie der Erde-Geochemistry, 69, 247-277.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E., 2011. U-Pb zircon SHRIMP ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions of Cretaceous plutons in the eastern Pontides (NE Turkey): The Dağbaşı pluton. Neues Jahrbuch für Mineralogie - Abhandlungen, 188 (3), 211-233.
- Kaygusuz, A. ve Şen, C., 2011. Calc-alkaline I-Type plutons in the Eastern Pontides, NE Turkey: U-Pb zircon ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions. Chemie der Erde Geochemistry, 71, 59-75.
- Kaygusuz, A., 2020. Geochronological age relationships of Carboniferous Plutons in the Eastern Pontides (NE Turkey). Journal of Engineering Research and Applied Science, 9(1), 1299-1307.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W., Sipahi, F. ve İlbeyli, N., 2012. Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest

Trabzon area, eastern Pontides, Turkey. International Geology Review, 54 (15), 1776-1800.

Kaygusuz, A., Arslan, M., Sipahi, F. ve Temizel, İ., 2016. U–Pb zircon chronology and petrogenesis of Carboniferous plutons in the northern part of the Eastern Pontides, NE Turkey: Constraints for Paleozoic magmatism and geodynamic evolution. Gondwana Research, 39, 327–346.

Kaygusuz, A., Sipahi, F., İlbeyli, N., Arslan, M., Chen, B. ve Aydınçakır, E., 2013. Petrogenesis of the Late Cretaceous Turnagöl intrusion in the Eastern Pontides: Implications for magma genesis in the arc setting. Geoscience Frontiers, 4, 423-438.

Kaygusuz, A., Yucel, C., Arslan, M., Sipahi, F., Temizel, I., Çakmak, G. ve Güloğlu, Z.S. 2018. Bayburt kuzeyindeki (Doğu Karadeniz, Türkiye) Senozoyik yaşlı plütonik kayaların petrografisi, mineral kimyası ve kristallenme koşulları. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 157, 1-11.

Kesgin, Y., 1983. Bayburt (Gümüşhane) İlçesi, Akşar Köyü ve Güneybatısının Jeolojik İncelemesi. Master Tezi, Karadeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 94 s.

Keskin, İ., Korkmaz, S., Gedik, İ., Ateş, M., Gök, L., Küçümen, Ö. ve Erkal, T., 1989. Bayburt Dolayının Jeolojisi. MTA Rap. No: 8995,129s, Ankara.

Ketin, İ., 1951. Bayburt Bölgesinin Jeolojisi. İ.Ü., Fen Fakültesi Mecmuası, Cilt no:16, İstanbul.

Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri. MTA Dergisi, 66, 20-34.

Kırmacı, Z. 1992. Alucra-Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki (Doğu Pontid Güney Zonu) Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Berdiga Kireçtaşı'nın Sedimentolojik İncelemesi. Doktora Tezi, KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 256s.

Li, X.H., Li, W.X., Li, Z.X., Lo, C.H., Wang, J., Ye, M.F. ve Yang, Y.H. 2009. Amalgamation between the Yangtze and Cathaysia Blocks in South China: constraints from SHRIMP U–Pb zircon ages, geochemistry and Nd-Hf isotopes of the Shuangxiwu volcanic rocks. Precambrian Research, 174, 117-128.

Loiselle, M.C. ve Wones, D.R., 1979. Characteristics of Anorogenic Granites. Geological Society of America, Abstracts with Programs, 11, p.468.

Mahood, G. ve Hildreth, W., 1983. Lagre Partition Coefficients for Trace Elements in Highsilica Rhyolites. Geochim. Cosmochim. Acta, 47, 11-30.

Maia de Hollanda, M.H.B., Pimentel, M.M., Jardim de Sá, E.F., 2003. Paleoproterozoic subduction-related metasomatic signatures in the lithospheric mantle beneath NE Brazil: inferences from trace element and Sr–Nd–Pb isotopic compositions of Neoproterozoic high-K igneous rocks. Journal of South American Earth Sciences, 15, 885-900.

- Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A., 1971. A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences, 8, 523-548.
- Martin, H., 1986. Effect of steeper Archean geothermal gradient on geochemistry of subduction-zone magmas. Geology, 14, 753-756.
- McLennan, S.M. ve Taylor, S.R., 1984. Archean Sedimentary Rocks and Their Relation to the Composition of the Archean Continental Crust, in Kröner, A., et al., (eds), Archean Geochemistry Berlin, Springer-Verlag, 42-72.
- McLennan, S.M., 1989. Rare Earth Elements in Sedimentary Rocks: Influence of Provenance and Sedimentary Processes, In: Lipin, B.R., MacKay, G.A. (Eds.), Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements. Mineralogical Society of America, 21 (1), 169-200.
- Mercan, M., 2009. Dağçatı-Gökler (Gümüşhane-Bayburt) civarının jeoloji özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 48 s.
- Middlemost, E.A., 1994. Naming materials in the magma/igneous rock system. Earth-Science Reviews, 37, 215-224.
- Moore, W.J., McKee, E.H. ve Akıncı, Ö., 1980. Chemistry and chronology of plutonic rocks in the Pontide Mountains, northern Turkey. European Copper Deposits, Belgrade, 209-216.
- Nebert, 1961. Şiran GB'sındaki (KD Anadolu) Kelkit Çayı Üst Mecrasının Jeolojisi Hakkında. MTA Dergisi, 62, 41-57.
- Okay, A.İ. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan Sutures of Northern Turkey. The Mediterranean Basin: Tertiary Extension within the Alpine Orogen. Geological Society, London, Special Publications, 156, 475-515.
- Okay, A.İ., 2008. Geology of Turkey: A Synopsis. Anschnitt, 21, 19-42.
- Okay, A.İ. ve Şahintürk, Ö., 1997. Geology of the Eastern Pontides, In: Robinson, A.G. (Eds), Regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding region. AAPG Bulletin, 68, 291-311.
- Özsayar, T., Gedikoglu, A. ve Pelin, S., 1981. Artvin Yöresi Yastık-Lavların Yaşına İlişkin Paleontolojik Veriler. KTÜ. Yerbilimleri Dergisi, 1 (1), 38-42.
- Patiño Douce, A.E. ve Johnston, A.D., 1991. Phase equilibria and melt productivity in the pelitic system: implications for the origin of peraluminous granitoids and aluminous granulites. Contributions to Mineralogy and Petrology, 107, 202-218.
- Patiño Douce, A.E., 1999. What do Experiments Tell us About the Relative Contributions of Crust and Mantle to the Origin of Granitic Magmas In: Castro, A., Fernandez, C., Vigneresse, J.L. (Eds.), Understanding Granites: Integrating New and Classical Techniques. Geological Society of London, Special Publication, 168, 55-75.

- Pearce, J.A. 1983. The Role of Sub-Continental Lithosphere in Magma Genesis at Destructive Plate Margins. In: Continental Basalts and Mantle Xenoliths, (eds): Hawkesworth, C.J., Norry, M.J., Shiva Publishing, Cheshire, 230-249.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S. ve Mitchell, J.J. 1990. Genesis of collision volcanism in eastern Anatolia Turkey. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 44, 189-229.
- Pearce, J.A., Haris, N.B.W. ve Tindle, A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of Petrology, 25, 956-983.
- Peccerillo, A. ve Taylor, S. R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. Contributions to Mineralogy and Petrology 58, 63-81.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi. KTÜ yayını, 87, 103.
- Roberts, M.P., ve Clemens, J.D., 1993. Origin of High-Potassium, Calcalkaline, I-Type Granitoids. Geology, 21, 825-828.
- Rollinson, H.R., 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. John Wiley & Sons, New York, 352 p.
- Rudnick, R.L. ve Gao, S., 2004. Composition of The Continental Crust. Treatise on Geochemistry, 3, 1-65.
- Saydam Eker, Ç., Akpınar, İ. ve Sipahi, F., 2016. Organic geochemistry and element distribution in coals formed in Eocene lagoon facies from the Eastern Black Sea Region, NE Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 25, 467-489.
- Saydam Eker, Ç., Sipahi, F. ve Kaygusuz, A., 2012. Trace and Rare Earth Elements as Indicators of Provenance and Depositional Environments of Lias Cherts in Gumushane NE Turkey. Chemie der Erde Geochem., 72, 167-177.
- Schandl, E.S. ve Gorton, M.P., 2002. Application of High field Strength Elements to Discriminate Tectonic Settings in VMS Environments. Economic Geology, 97, 629-642.
- Selvi, D., 2019. Gümüşdamla-Erikdibi (Bayburt) ve civarındaki Eosen yaşlı volkanik kayaçların, petrografisi, jeokimyası ve petrolojisi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, 101s.
- Shand, S. J., 1943. Eruptive Rocks. Their Genesis, Composition, Classification, and Their Relation to Ore-Deposits with a Chapter on Meteorite. New York: John Wiley & Sons.
- Sipahi, F., Gücer, M.A. ve Sadıklar, M.B., 2019. Zigana Dağı (Gümüşhane, KD Türkiye) Daykalarının Jeokimyası ve Jeolojik Anlamı. Yerbilimleri, 40 (3), 293-325.

- Sipahi, F., Kaygusuz, A., Saydam Eker, Ç., Vural, A. ve Akpınar, İ., 2018. Late Cretaceous arc igneous activity: the Eğrikar Monzogranite example. International Geology Review, 60 (3), 382-400.
- Smith, E.I., Sanchez, A., Walker, J.D. ve Wang, K., 1999. Geochemistry of mafic magmas in the Hurricane Volcanic Field, Utah: implications for small and large scale chemical variability of the lithospheric mantle. Journal of Geology, 107, 433-448.
- Sun, S. ve McDonough, W.F., 1989. Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalt: Implications for Mantle Composition and Processes, In: A. D. Saunders, ve M.J. Norry, (eds.), Magmatism in the Ocean Basins. Geol. Soc. London Spec. Publ., 42, 313-345.
- Şen, C. ve Dunn, T., 1994. Dehydration melting of a basaltic composition amphibolites at 1.5 and 2.0 GPa: implications for the origin of adakites. Contribution to Mineralogy and Petrology, 117, 394-409.
- Şen, C., 2007. Jurassic volcanism in the Eastern Pontides: Is it rift related or subduction related? Turkish Journal of Earth Sciences, 16, 523-539.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics, 75, 181-241.
- Taslı, K., 1990. Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Karbonat İstiflerinin Stratigrafisi ve Mikropaleontolojik İncelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 223s.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1985. The Continental Crust: Its Composition and Evolution. Blackwell Scientific Publications, Blackwell, Oxford, U.K., 312 p.
- Thiéblemont, D. ve Téguy, M., 1994. Une discrimination géochimique des roches différenciées témoin de la diversité d'origine et de situation tectonique des magmas calcio-alcalins. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, 319, 87-94.
- Thirlwall, M.F., Smith, T.E., Graham, A.M., Theodorou, N., Hollings, P. ve Davidson, J.P., 1994. High Field Strength Element Anomalies in Arc Lavas: Source or Processes. Journal of Petrology, 35, 819-838.
- Topuz, G. ve Altherr, R., 2004. Pervasive rehydration of granulites during exhumation-an example from the Pulur complex, Eastern Pontides, Turkey. Mineralogy and Petrology, 81, 165-185.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Wemer, O. ve Schwarz, W.H., 2004. Aluminous granulites from the Pulur complex, NE Turkey: a case of partial melting, efficient melt extraction and crystallization. Lithos, 72, 183-207.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A. ve Meyer, H.P., 2007. Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtoğlu metamorphic complex. Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey. International Journal of Earth Sciences, 96, 861-873.

- Topuz, G., Altherr, R., Wolfgang, S., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasanözbek, A., Mathias, B., Satır, M. ve Şen, C., 2010. Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey). Lithos, 116, 92-110.
- Ustaömer, T. ve Robertson, H.F.A., 2010. Late Paleozoic-Early Cenozoic development of the Eastern Pontides (Artvin area), Turkey: stages of closure of Tethys along the southern margin of Eurasia. Geological Society, London, Special Publications, 340, 281-327.
- Ustaömer, T., Robertson, A.H.F., Ustaömer, P.A., Gerdes, A. ve Peytcheva, I., 2013. Constraints on Variscan and Cimmerian magmatism and metamorphism in the Pontides (Yusufeli-Artvin area), NE Turkey from U-Pb dating and granite geochemistry. In Robertson, A.H.F., Parlak, O., Ünlügenç, U.C. (eds). Geological Development of Anatolia and the Easternmost Mediterranean Region. Geological Society, London, Special Publications, 372, 49-74.
- Watson, E.B. ve Harrison, M., 1983. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types. Earth and Planetary Science Letters, 64, 295-304.
- Weaver, B.L., Wood, D.A., Tarney, J. ve Joron, J., 1987. Geochemistry of ocean island basalt from the South Atlantic: Ascension, Bouvet, St. Helena, Gough and Tristan da Cunda. In: Fitton, J.G ve Upton, B.G.J. (eds), Alkaline Igneous Rocks. Geological Society, London, Special Publications, 30, 253-267.
- Wedding, H., 1963. Kelkit hattı jeolojisine ait düşünceler ve Kelkit-Bayburt (Gümüşane) çevresindeki Jura stratigrafisi. MTA Dergisi, 61, 30-37.
- Whalen, J. B., Currie, K. L. ve Chappell, B. W., 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. Contributions to Mineralogy and Petrology, 95, 407-419.
- White, A.J.R., 1979. Sources of granite magmas. Geological Society of America, Abstracts with Programs 11, p.539.
- Yang, J.H., Fu, Y., Wu, F.Y., Wilde, S.A., Xie, L.W., Yang, Y.H. ve Liu, X.M., 2007. Tracing Magma Mixing in Granite Genesis: in Situ U-Pb Dating and Hf-Isotope Analysis of Zircons. Contributions to Mineralogy and Petrology, 153, 177-190.
- Yeğingil, Z., Boztuğ, D., Er, M., Oddone, M. ve Bigazzi, G., 2002. Timing of neotectonic fracturing by fission-track dating of obsidian in-filling faults in the İkizdere-Rize area, NE Black Sea region Turkey. Terra Nova, 14 (3), 169-174.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono-Sedimentolojik Kayıtları ve Kontrol Etkenleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, 45, 1, 141-165.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D., 1996. Space and time relations of three plutonic phases in the Eastern Pontides, Turkey. International Geology Review, 38, 935-956.

- Yılmaz, Y., 1972. Petrology and Structure of the Gümüşhane Granite and Surrounding Rock. NE Anatolia. PhD Thesis, University of London, 266p.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genc, Ş.C. ve Şengör, A.M.C., 1997. Geology and tectonics of the Pontides. In: Robinson, A.G. (eds), regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding region. AAPG Memoirs. 68, 183-226.
- Yücel, C., 2007. Doğu Karadeniz Orojenik Kuşağı Güney Zonunda Akşar (Bayburt) Yöresindeki Kıvrımların Orijini ve Sınıflandırılması. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 82s.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ. ve Abdioğlu Yazar, E., 2014. Volcanic facies and mineral chemistry of Tertiary volcanics in the northern part of the Eastern Pontides northeast Turkey implications for pre eruptive crystallization conditions and magma chamber processes. Mineralogy and Petrology, 108 (3), 439-467.
- URL-1. <http://www.cografya.gen.tr/tr/bayburt/iklim.html>. 30 Aralık 2020.

ÖZGEÇMİŞ

Ekrem SARI, 2009 yılında Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Lisans Eğitimine başladı. 2017 yılında başladığı Gümüşhane Üniversitesi Fen bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans eğitimine devam etmekte olan Ekrem SARI evli ve 2 çocuk babasıdır.